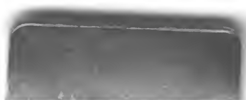
Scheerer





Braunschweig. **PROSPECTUS.** April 1853.

Lehrbuch
der
Metallurgie
mit besonderer Hinsicht
auf
chemische und physikalische Principien;
von
Dr. Th. Scheerer,
Professor der Chemie an der Königl. Sächsischen Bergakademie zu Freiberg.

Zweiten Bandes 1. und 2. Lieferung,
enthaltend die:
Gewinnung des Roheisens.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.
gr. 8. Fein Velinpap. Preis jeder Lieferung 12 Ggr.

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

Nachdem der Hr. Verfasser im 1sten Bande bereits die gesammte Propädeutik der Metallurgie abgehandelt, und darunter die — besonders für die Eisenhüttenkunde — so überaus wichtigen Lehren von den Brennmaterialien und Wärme-Beförderungsmitteln auf eine mit dem vielseitigsten Beifall aufgenommene Art entwickelt, außerdem auch schon die Eigenschaften des Eisens, die Eisenerze und das Probiren derselben speciellen Betrachtungen unterworfen hat, läßt er jetzt in der 1sten und 2ten Lieferung des 2ten Bandes die Lehre von der Gewinnung des Roheisens folgen. Zur näheren Beleuchtung des Standpunktes, von welchem aus der Autor seine Aufgabe hierbei zu lösen gesucht hat, erlauben wir uns folgende Stellen aus seinem Werke (Bd. II, S. 187 — 188) anzuführen.

»Der Roheisen-Schmelzproceß ist der wichtigste aller metallurgischen Processe. Er liefert uns dasjenige Metall, welches — als Roheisen, Stabeisen und Stahl — den größten Werth für die menschliche Gesellschaft besitzt und gewissermaßen als der Schlüssel zur gesammten neueren Cultur und Civilisation betrachtet werden kann. Die Gewinnung dieses nützlichsten der Metalle ist nicht, wie die der übrigen, auf wenige zerstreute Punkte der Erdoberfläche beschränkt, sondern über alle Welttheile und Länder verbreitet. Die Eisenhütten-Industrie bildet einen wesentlichen Zweig des Staats-Haushaltes; einen Zweig, welcher mit so manchen anderen staatsökonomischen Interessen auf das Innigste verwachsen ist. Sie greift in zahlreiche Gewerbe ein und liefert uns in den Eisenbahnen die Hauptadern für die Circulation industrieller Thätigkeit. Die Eisenbahnen sind es, welche die verschiedenen industriellen Pole mit einander verbinden und dadurch einen lebendigen und belebenden Strom in und zwischen den Ländern erregen, welcher alle durch politische und geographische Verhältnisse getrennte Theile unseres Continents zu einem industriellen Gesammt-Organismus zu verbinden verspricht. Diese durch die Eisen-Industrie entwickelte mercantile Circulation macht sich jene selbst wieder zu Nutzen, indem ihr die Eisenbahnen das Brennmaterial der Kohlen-Distrikte und die Eisenerze entlegener Fundstätten zufördern.

»Während aber einerseits die Natur, durch eine freigebige Vertheilung der Eisenerze, die massenhafte Gewinnung dieses Metalles an zahlreichen Orten möglich machte, hat sie andererseits die zweckmäßigste Benutzung desselben an viele erschwerende Bedingungen geknüpft. Nicht genug, daß wir durch ein geschicktes Dirigiren der Processe verschiedene Arten von Roheisen, Stabeisen und Stahl erzeugen müssen; auch auf die, oft schon durch die geringsten chemischen Beimischungen influirte Güte dieser Eisensorten kommt außerordentlich viel an. Um selbst unter weniger günstigen Umständen eine, für bestimmte Zwecke geeignetste Qualität bei möglichst geringem Kostenaufwande zu erreichen, genügt kein empirisches Verfahren, sondern es wird dazu oftmals die größte Anstrengung intelligenter Thätigkeit erfordert. Der Schatz, den uns die Natur im Eisen gab, kann in seinem ganzen Umfange nur vom einsichtsvollen Fleiße ausgebeutet werden. Die mannigfaltigen Schwierigkeiten, welche mit der Erzeugung guter Eisensorten verknüpft sind, treten dem Eisenhüttenmanne nur zu oft hindernd in den Weg; allein sie lassen sich in den meisten Fällen durch ein rationelles Verfahren überwinden. Und eben dieser Kampf mit zahlreichen Hindernissen hat den Eisenhütten-Proceß allmälig zu einer Stufe der Ausbildung erhoben, welche ihn als eine Richtschnur für alle übrigen metallurgischen Schmelzprocesse hinstellt.

»Die Wichtigkeit der Roheisen-Fabrikation rechtfertigt es, daß wir in den vorhergehenden Abschnitten diesen Proceß bis in so manche seiner technischen Details verfolgt und mit einer Ausführlichkeit behandelt haben, wie dies außerdem der Tendenz des vorliegenden Werkes nicht angemessen seyn würde. Indem wir versuchten, den ganzen Hergang der Roheisengewinnung auf chemische und physikalische Principien zu begründen und die empirischen Regeln des Eisenhüttenmannes theoretisch zu beleuchten und zu motiviren, haben wir eine wissenschaftliche Einsicht in das Wesen jenes Processes gewonnen, wie solche zu seiner rationellen Leitung unentbehrlich ist.

»Zwar kann man diesem Eindringen der Theorie in das vielfach verzweigte Geäder der Praxis den Vorwurf machen, daß nicht jede theoretische Anschauung eine richtige sey, und daß der Praktiker durch wissenschaftliche Hypothesen leicht auf falsche Wege geführt werden könne; aber dies ist kein Vorwurf, welcher die Theorie als solche, sondern die menschliche Fehlbarkeit überhaupt trifft. Wenn auch die wissenschaftliche Beleuchtung mitunter eine einseitige zu nennen ist, die nicht immer zur richtigen Auffassung des beleuchteten Gegenstandes führt, so erscheint doch letzterer ohne jenes Licht meist ganz dunkel. Die Theorie maßt sich keineswegs eine Unfehlbarkeit an, der in allen Fällen ein unbedingter Glaube geschenkt werden müsse. Sie will nichts als der leitende Gedanke seyn, welcher den Praktiker in seinen Bemühungen, zum Verständniß und zu neuen Feldern seiner eigenen Thätigkeit zu gelangen, **unterstützt**. Theorie und Praxis verhalten sich zu einander wie Auge und Hand. Beide können sich gegenseitig nützen und von einander lernen. Der Hand allein gebührt der Preis des Schaffens; jedoch nur unter dem prüfenden Blicke des wachsamen Auges vermag sie die größte Vollkommenheit ihres Werkes zu erreichen.«

Um eine Uebersicht von dem reichen und umfassenden Inhalte der betreffenden beiden Lieferungen zu geben, und um diesen Inhalt für das Studium möglichst leicht zugänglich zu machen, haben wir die Kosten nicht gescheut, diesen Lieferungen ein interimistisches **Inhalts-Verzeichniß** beizufügen, welches später — nach dem Schlusse des 2ten Bandes — in das allgemeine Register desselben aufgenommen werden wird.

Braunschweig, im April 1853.

Friedrich Vieweg und Sohn.

Lehrbuch

der

Metallurgie.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Lehrbuch

der

Metallurgie

mit

besonderer Hinsicht

auf

chemische und physikalische Principien.

Von

Dr. Th. Scheerer,
Professor der Chemie an der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg.

Zweiter Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1853.

Eisen.

III. Von der metallurgischen Gewinnung des Roheisens.

Alle zur metallurgischen Gewinnung des Roheisens angewendeten Erze sind, wie im vorhergehenden Abschnitte (Bd. I., S. 585)*) gezeigt wurde, entweder Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff, des Eisenoxyds mit Wasser oder des Eisenoxyduls mit Kohlensäure. Die Darstellung des Roheisens aus den Eisenerzen geschieht daher durch einen einfachen reducirenden Schmelzproceß, bei welchem die dem Eisenerze beigemengte Gebirgsart verschlackt, das Eisen aber als geschmolzenes Roheisen ausgeschieden wird.

A. Chemische Theorie des Hohofenprocesses.

1) Darstellung der wichtigsten chemischen Principien, auf denen der Hohofenproceß beruht.

Der in Hohöfen von besonderer Construktion (Bd. I., S. 78) ausgeführte Roheisen-Schmelzproceß zerfällt, seinem chemischen Hergange nach, in drei Abtheilungen: 1) in die Reduktion der Erze zu metallischem Eisen, 2) in die Kohlung des reducirten Eisens, und 3) in die Schlackenbildung. Obwohl diese drei Processe nicht durch getrennte Operationen ausgeführt werden, sondern sich in jedem im Betriebe stehenden Eisenhohofen unausgesetzt und gleichzeitig in Wirksamkeit befinden, so gewährt es doch eine Erleichterung in der Auffassung, wenn man dieselben gesondert betrachtet.

*) Die Citate, bei denen die Quelle nicht näher angegeben ist, beziehen sich auf das vorliegende Werk, und zwar, wenn die Angabe des Bandes fehlt, auf den zweiten Band desselben.

a) Reduktion der Eisenerze.

Zur Reduktion der Eisenerze im Schachte eines Hohofens bedient man sich verschiedener Reduktionsmittel. Am gewöhnlichsten werden Holzkohle (Schwarzkohle) oder Kohk angewendet; seltener Rothkohle, gedarrtes oder selbst nur lufttrocknes Holz, Anthracit, Steinkohle. Das — zugleich als Brennmaterial dienende — Reduktionsmittel wird mit den Erzen in abwechselnden Lagen im Schachtraume aufgeschichtet; ein durch ein Gebläse in den unteren Theil des Ofens eingeführter lebhafter Luftstrom verbrennt das seinem Einströmungsorte zunächst liegende Brennmaterial, treibt die hierbei gebildeten gasförmigen Verbrennungs-Produkte durch jene Schichten empor, und verbreitet dadurch eine höhere, nach der Gicht hin abnehmende Temperatur im Inneren des ganzen Ofens. Aus diesem Hergange ersieht man, daß es nicht eigentlich die festen Brennmaterialien oder Reduktionsmittel (Holzkohle, Kohk u. s. w.) sind, welche die Reduktion der Eisenerze bewirken, sondern daß diese Wirkung den reducirenden Gasen zugeschrieben werden muß, welche sich in Folge der Verbrennung jener ersteren entwickeln. Die Arten der Gase, die unter diesen Umständen in einem Hohofen gebildet werden, haben wir bereits bei der Betrachtung der gasförmigen Brennmaterialien (Bd. I., S. 343) kennen gelernt. Wir wissen vor der Hand, daß der in einem Eisenhohofen aufsteigende Gasstrom wesentlich Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff und in gewissen Fällen auch ölbildendes Gas und Cyan enthält. Es wird sich also darum handeln, die reducirende Einwirkung dieser Gase auf die bis zu einer gewissen Temperatur erhitzten Eisenerze kennen zu lernen. Da Stickstoff und Kohlensäure keine reducirenden Eigenschaften besitzen, so können diese hierbei übergangen werden. Ferner brauchen wir hinsichtlich der Eisenerze, aus nahe liegenden Gründen, nur das Eisenoxyd in Betracht zu ziehen.

Kohlenoxyd und Eisenoxyd.

Kohlenoxyd und Eisenoxyd. Die ersten Versuche, durch welche die gegenseitige Einwirkung dieser beiden Körper bei höherer Temperatur direkt nachgewiesen wurde, haben Leplay und Laurent*) angestellt. Sie brachten in eine durch einen Ofen gelegte Porcellanröhre reines Eisenoxyd (aus seiner Auflösung in Salpetersäure durch Ammoniak gefällt), und leiteten einen Strom von trocknem Kohlenoxydgas darüber, das aus doppelt oxalsaurem Kali und Schwefelsäure bereitet war. Bei einer Temperatur von 25 — 30° nach dem Pyrometer von Wedgewood (ungefähr 1000 — 1200° C.) wurde das Eisenoxyd hierdurch zu weichem, völlig hämmerbarem Eisen reducirt, und eine entsprechende Menge Kohlenoxyd zu Kohlensäure oxydirt. Ein Stück Rotheisenstein und ein Eisenglanzkrystall, auf dieselbe

*) Ann. d. Chim. et d. Phys. T. 75, p. 404.

Weise behandelt, wurden ebenfalls zu metallischem Eisen. Als Stücke dieser Erze, um die allmälige Veränderung ihres Zustandes zu beobachten, gegen die Mitte der Operation herausgenommen wurden, zeigten sie sich in dichtes, mit einem Häutchen von weichem Eisen bedecktes Eisenoxydoxydul umgewandelt. Durch einen besonderen Versuch überzeugten sich Leplay und Laurent, daß die Reduktion des Eisenoxyds durch Kohlenoxyd mit derselben Leichtigkeit geschieht, wie durch Wasserstoff. Gay-Lussac hat dargethan, daß hierzu eine Temperatur von 400° C. hinreicht. Bei der Untersuchung der Cementation des Eisenoxyds in mit Kohle ausgefütterten Tiegeln fand Berthier, daß das Eisenoxyd anfangs in Eisenoxydoxydul übergeht, und daß, so lange in der Mitte ein Kern von Eisenoxyd übrig ist, sich auf der Oberfläche keine Spur von metallischem Eisen bildet.

Wasserstoff und Eisenoxyd. Die Reduktion des Eisenoxyds durch Wasserstoff bei höherer Temperatur ist eine hinreichend bekannte Thatsache. Wasserstoff u. Eisenoxyd.

Kohlenwasserstoff und Eisenoxyd. Durch Kohlenwasserstoff wird das Eisenoxyd sehr leicht reducirt, indem sich hierbei sowohl Kohlenstoff als Wasserstoff auf Kosten desselben oxydiren Kohlenwasserstoff u. Eisenoxyd.

Oelbildendes Gas und Eisenoxyd. Das Verhalten dieses Gases zum Eisenoxyd ist, hinsichtlich seiner reducirenden Wirkung, ganz analog dem des Kohlenwasserstoffgases. Oelbildendes Gas u. Eisenoxyd.

Cyan und Eisenoxyd. Cyan ist ein sehr kräftig wirkendes Reduktionsmittel. Ein Strom dieses Gases über glühendes Eisenoxyd geleitet, reducirt dasselbe mit Leichtigkeit, und verwandelt sich dabei in Stickstoff und Kohlensäure oder Kohlenoxyd, was von der relativen Menge des Cyans zum Eisenoxyd abhängig ist. Cyan und Eisenoxyd.

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, daß der aus den genannten Gasen bestehende Gasstrom, welcher im Innern eines Hohofens durch die abwechselnden Brennmaterial- und Erzschichten aufsteigt, eine entschieden reducirende Wirkung auf letztere ausüben, und in denjenigen Theilen des Schachtes, wo eine hinreichend hohe Temperatur herrscht, metallisches Eisen aus den Erzen erzeugen muß. Durch die Mengung der reducirenden Gase mit so beträchtlichen Quantitäten Stickstoff und Kohlensäure — theilweise auch Wasserdampf —, wie dieselben in den Hohofengasen enthalten sind, wird die Reduktion ohne Zweifel verzögert, aber durchaus nicht verhindert. Ein wichtiger Umstand hierbei ist, daß die reducirende Kraft des aufsteigenden Gasstromes — welche natürlich in dem Maaße abnimmt, als die reducirenden Gase in demselben verbraucht, d. h. durch Einwirkung des Eisenoxyds und Eisenoxyduls oxydirt werden — dadurch wieder vermehrt wird, daß die aus dem Kohlenoxyd u. s. w. gebildete Kohlensäure sich bei ihrem Aufsteigen durch die glühenden Kohlenschichten wieder in Kohlenoxyd umwandelt. Auf dieselbe Weise wird Wasserdampf, welcher sich durch reducirende

Wirkung des Wasserstoffs und der Kohlenwasserstoffgase auf die Erze gebildet hat, wieder zu Wasserstoff und zu Kohlenoxyd.

b) Kohlung des reducirten Eisens.

Die Art, auf welche die Kohlung des reducirten Eisens, also die eigentliche Bildung des Roheisens, stattfindet, ergiebt sich aus dem Verhalten der in den Ofengasen vorhandenen kohlenden Gasarten zum metallischen Eisen. Was in dieser Beziehung auf synthetischem Wege ermittelt worden ist, besteht hauptsächlich in Folgendem.

Kohlenoxyd und Eisen.

Kohlenoxyd und Eisen. Man glaubte lange Zeit, daß das Kohlenoxyd eine Kohlung des Eisens nicht zu bewirken vermöge. Bei den oben erwähnten Reduktions-Versuchen von Leplay und Laurent, welche mit einem auf nassem Wege (aus saurem oxalsaurem Kali und Schwefelsäure) bereiteten Kohlenoxyd angestellt wurden, erfolgte ein anscheinend ganz kohlefreies Eisen; auch beobachteten dieselben bei einem anderen Versuche, daß Stücke von weichem Eisen (Eisendraht), in einem Strome von Kohlenoxyd geglüht, keinen Kohlenstoff aus diesem Gase aufnahmen. Wurde dagegen ein durch unvollkommne Verbrennung gewöhnlicher Holzkohlen erzeugtes Kohlenoxydgas zu diesen Versuchen angewendet, so fand stets eine, wenigstens bis zur Stahlbildung gehende, Kohlung des Eisens statt. Hieraus schloß man, daß entweder das auf nassem Wege bereitete Kohlenoxyd eine Beimengung enthalte, welche die Kohlung verhindere, oder daß das auf trocknem Wege dargestellte durch einen Stoff verunreinigt sey, welcher die Kohlung bewirke. Da man nun fand, daß Kohlenoxyd aus Holzkohlen erzeugt, welche zuvor längere Zeit bei sehr hoher Temperatur ausgeglüht worden waren, ebenfalls nicht, oder doch nur sehr wenig kohlte, so glaubten viele Metallurgen dem reinen Kohlenoxydgase die Eigenschaft des Kohlens ganz absprechen zu müssen. Dieser zweifelhafte Punkt wurde erst neuerlich durch die interessanten Versuche von K. Stammer*) aufgehellt. Derselbe zeigte, daß reines, auf nassem Wege dargestelltes Kohlenoxyd, welches über stark rothglühendes Eisenoxyd geleitet wird, letzteres nicht blos reducirt, sondern auch das reducirte Eisen kohlt. Um dieses Verhalten genauer zu erforschen, reducirte er eine gewogene Quantität chemisch reines Eisenoxyd durch Wasserstoff in einer gläsernen Kugelröhre, und leitete über das dadurch gebildete metallische Eisen reines Kohlenoxydgas bei der höchsten Temperatur, welche eine Berzelius'sche Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge zu geben vermag. Nach längerer Zeit war nicht allein eine bedeutende Gewichtszunahme des Eisens, sondern auch eine beträchtliche Vermehrung seines Volums zu bemerken; so daß endlich, nach acht Tage lang fortgesetztem Glühen, fast die ganze Kugel

*) Brgskfrnd. 1851, Nro. 25, S. 388.

der Kugelröhre mit einer sammetschwarzen feinpulverigen Masse angefüllt war, und die Gewichtszunahme nicht weniger als 70,23 Proc. betrug. Beim Zerschneiden der Kugel fand sich, daß der Inhalt aus zwei Substanzen bestand: die eine, zusammengesintert und eisengrau, bedeckte die Wandungen der Kugel; die andere, pulverförmig und sammetschwarz, erfüllte deren Inneres. In der ersteren Substanz (a) wurde der Eisengehalt, in der anderen (b) der Kohlegehalt bestimmt; und es ergaben sich hieraus folgende Zusammensetzungen:

	a.	b.
Eisen	95,95	22,50
Kohlenstoff	4,05	77,50
	100,00	100,00

Die Substanz a ist also ein graues Roheisen (mit höherem Kohlegehalte). Was von der Substanz b zu halten sey, werden wir weiter unten erfahren.

Versuchen wir diese Resultate zu deuten, und namentlich mit den ihnen anscheinend widersprechenden Versuchen von Leplay und Laurent in Harmonie zu bringen, so ist besonders zu berücksichtigen 1) daß Stammer's Versuche bei einer verhältnißmäßig niedrigen Temperatur angestellt, 2) daß sie während einer sehr beträchtlichen Zeit fortgesetzt, und 3) daß dieselben mit einem äußerst porösen metallischen Eisen vorgenommen wurden, mit einem Eisen, wie man es mittelst Reduktion eines aus Eisenoxydhydrat dargestellten Eisenoxyds durch Wasserstoff erhält. Alle diese drei Punkte dürften von Wichtigkeit seyn, und in ihnen der Schlüssel zur Lösung jener anscheinenden Widersprüche liegen. Es hat den Anschein, daß das glühende poröse Eisen, so lange es seine Porosität durch eine höhere Temperatur noch nicht eingebüßt hat, eine ganz specifische Wirkung auf die Abscheidung des Kohlenstoffs aus dem Kohlenoxyd ausübe; ja daß dies selbst in Bezug auf andere kohlenstoffhaltige Gase der Fall sey, bei denen man die Möglichkeit einer solchen Abscheidung früher nicht geahnt hat. Stammer beobachtete nämlich, daß das durch Wasserstoff reducirte poröse Eisen sogar aus der Kohlensäure Kohlenstoff abschied und aufnahm. — Ein compaktes Stück Eisen, wie z. B. ein Eisendraht, bedarf natürlich einer bedeutend längeren Zeit, um sich mit Kohle zu Roheisen zu sättigen, als das poröse Eisen, welches hinsichtlich seiner Struktur dem Platinschwamm an die Seite zu setzen ist. Wird dabei die Temperatur so weit erhöht, daß das gebildete stahlartige Eisen schmilzt, so nimmt dies in seinem geschmolzenen Zustande den Kohlenstoff aus dem Kohlenoxyd noch langsamer auf. Für diese Ansicht spricht die angeführte Thatsache, daß bei dem Stammer'schen Versuche das geschmolzene Kohlenstoff-Eisen nur 4,05 Proc., das pul-

Hauptbedingung bei der Kohlung des Eisens durch Kohlenoxyd.

Auch Kohlensäure kohlt das Eisen.

verförmige dagegen 77,50 Proc. Kohle enthielt. Letzteres hatte, vermöge seiner beibehaltenen Porosität, während einer Zeit von acht Tagen unausgesetzt seinen Kohlegehalt durch Abscheidung aus dem Kohlenoxyd vermehrt, und würde, bei noch länger fortgesetztem Versuche, wahrscheinlich noch länger fortgefahren haben, denselben zu vermehren.

Schluß-Resultat. Das Verhalten des Kohlenoxydgases zum metallischen Eisen läßt sich hiernach in Kürze folgendermaßen ausdrücken. Das Eisen zerlegt bei höherer Temperatur das Kohlenoxyd und scheidet daraus Kohlenstoff ab, mit welchem es sich verbindet. Die Zeit, welche dazu erforderlich ist, um auf diese Weise Stahl oder Roheisen zu bilden, ist hauptsächlich von dem Grade der Porosität des Eisens abhängig. Daß das auf heißem Wege (aus Holzkohle oder Kohk) erzeugte Kohlenoxyd die Kohlung schneller bewirkt, als das auf nassem Wege bereitete, hat seinen Grund in einer Beimengung anderer kohlender Gase (besonders Kohlenwasserstoff), welche das Kohlenoxyd der ersteren Art stets mehr oder weniger verunreinigen. Stellt man daher Kohlenoxyd aus zuvor stark ausgeglühter und dadurch ihres Wasserstoffgehaltes fast ganz beraubter Kohle dar, so besitzt dies die kohlende Eigenschaft in keinem merklich höheren Grade als das auf nassem Wege erzeugte Kohlenoxyd.

Kohlenwasserstoffgas und Eisen. **Kohlenwasserstoffgas und Eisen.** Bekanntlich wird das Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas H^2C) theilweise schon durch höhere Temperatur zersetzt. Bischof fand, daß sich beim Durchleiten desselben durch eine weißglühende Porzellanröhre Kohle abscheidet, indem sich zugleich eigenthümliche condensable Zersetzungsprodukte bilden. Nach zehnmaligem Hindurchleiten durch die Röhre war etwa der fünfte Theil des Gases zersetzt worden. Daß glühendes Eisen durch dasselbe gekohlt wird, ist eine ältere Erfahrung. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die Zeit, welche zu einem bestimmten Kohlungsgrade des Eisens erforderlich ist, auch bei diesem Gase, wie bei allen anderen kohlenden Gasarten, von dem Porositätszustande des Eisens abhängig.

Oelbildendes Gas und Eisen. **Oelbildendes Gas und Eisen.** Aus dieser Gasart wird durch höhere Temperatur die Hälfte ihres Kohlegehaltes mit Leichtigkeit, ein noch größerer Theil desselben durch länger fortgesetzte Erhitzung ausgeschieden. Glühendes Eisen, über welches man ölbildendes Gas leitet, verwandelt sich in Stahl und endlich in Roheisen. Darauf beruht die Anwendung des — an ölbildendem Gase reichen — Leuchtgases zur Stahlbereitung, auf welche sich zuerst Macintosh*) ein Patent ertheilen ließ. Um 2 Zoll breite und ½ Zoll starke weiche Eisenstäbe auf diese Weise in Stahl umzuwandeln, werden 18 — 20 Stunden erfordert.

*) Dufrénoy in Ann. d. mines, 1834. Erdm. und Schweigg. Journ. f. prakt. Chem Bd. 2, S. 333.

Cyan und Eisen. Als das Cyankalium — zuerst von Clark*) im Hohofen von Clyde bei Aberdeen in Schottland — unter den Produkten des Eisenhohofen-Processes entdeckt wurde, hielt man es für eine zufällige Bildung, und glaubte nicht, daß das Cyan eine so wichtige Rolle bei jenem Processe spiele, wie sich dies später durch das von Zincken und Bromeis, Redtenbacher, Bunsen, Playfair und Anderen beobachtete Vorkommen des Cyankaliums in vielen anderen Hohöfen als unzweifelhaft herausgestellt hat. Die beiden letztgenannten Beobachter**) fanden, wie bereits in dem von den gasförmigen Brennmaterialien handelnden Abschnitte angeführt (Bd. I., S. 349), in den Ofengasen eines mit Steinkohlen betriebenen Hohofens zu Alfreton nicht allein Cyankalium, sondern auch freies Cyangas. Zugleich ermittelten sie, daß der Ort, an welchem sich diese Körper im Inneren jenes Hohofens bildeten, oder doch vorhanden waren, auf einen Raum zwischen dem Form-Niveau und dem Kohlensack beschränkt sey. Als sie $2\frac{1}{2}$ Fuß über der Form ein Loch in den Ofen bohrten, drang daraus eine stark leuchtende gelbe Flamme hervor, die einen dicken weißen Rauch ausstieß. In einer in diese Oeffnung eingesetzten Röhre condensirte sich binnen kurzer Zeit eine so beträchtliche Menge Cyankalium, daß Bunsen und Playfair hiernach das in jenem Hohofen täglich erzeugte Quantum dieses Salzes zu mehr als 2 Centner schätzten. Bei der Erklärung des Herganges dieser Bildung wurde man an einen älteren von Fownes***) angestellten Versuch erinnert, welcher ergeben hatte, daß ein in einer Porcellanröhre stark glühendes Gemenge von gleichviel kohlensaurem Kali und reiner (stickstofffreier) Zuckerkohle beim Darüberleiten von Stickgas zu einem beträchtlichen Theile in Cyankalium umgewandelt worden war. Bunsen und Playfair wiederholten diesen Versuch (mit 2 Thln. Zuckerkohle und 1 Thl. kohlensaurem Kali) und fanden denselben vollkommen bestätigt†). Hierdurch erscheint es ausgemacht, daß jedenfalls ein Theil des in den Eisenhohöfen gebildeten Cyankaliums unmittelbar durch Einwirkung des Stickstoffs der atmosphärischen Luft auf Kohle und kohlensaures Kali erzeugt wird. Die Bildung eines anderen Theiles dürfte dadurch veranlaßt werden, daß alle Holzkohlen, Steinkohlen, Kohk ꝛc.

Cyan und Eisen.

Cyankalium in Eisenhohöfen.

Bunsen und Playfair's Versuche.

*) Pogg. Ann. Bd. 40, S. 315.

**) Erdm. Journ. f. prakt Chem Bd. 42, S. 145.

***) Erdm. Journ f. prakt. Chem Bd. 26, S. 412.

†) Dieses Verhalten von Kohle und kohlensaurem Kali zu Stickstoff bei höherer Temperatur hat zu einer besonderen Gewinnnng des Cyankaliums und Cyaneisenkaliums (Blutlaugensalzes) im Großen Veranlassung gegeben, auf welches Newton in England sich ein Patent ertheilen ließ. Dingl. polyt. Journ. Bd. 95, S. 93. — Rieken (Erdm. Journ. Bd. 54, S. 133) hat gezeigt, daß zum Gelingen dieses Processes Weißglühhitze erfordert wird, was die Ausführung im Großen schwierig macht.

einen kleinen Stickstoffgehalt besitzen. Das zur Erzeugung des Cyankaliums nöthige Kali findet sich zum Theil in den Aschenbestandtheilen jener Brennmaterialien, zum Theil in der Beschickung selbst. Es ist bekannt, daß viele Kalksteine (bei dem Hohofenprocesse als Zuschlag angewendet) kleine Mengen von kohlensaurem Kali enthalten. Bei dem im Hohofen von Alfreton angewendeten Kalkstein war dies, wie sich Bunsen und Playfair überzeugten, ausnahmsweise nicht der Fall; und da auch die Asche der dort gebrauchten Steinkohlen kaum mehr als Spuren (0,07 Proc.) von Kali enthielt, so mußte auf einen Kaligehalt des Eisensteines selbst geschlossen werden. Dieser, ein thoniger Sphärosiderit, enthielt in der That 0,74 Proc. Kali. — Die neuesten Untersuchungen über die Bildung des Cyankaliums in Eisenhohöfen sind von Eck*) angestellt worden. Derselbe beobachtete eine solche Bildung in den Kohkshohöfen der Königshütte in Oberschlesien, und ermittelte zugleich, daß der dort verschmolzene Thoneisenstein 0,110 Proc., der Zuschlagkalkstein 0,177 Proc. und die Steinkohle (aus welcher der zur Verschmelzung dienende Kohk genommen wurde) 0,001 Proc. Kali enthielten. Hieraus ergiebt sich, daß das ganze in einem solchen Ofen täglich durchgesetzte Beschickungs- und Brennmaterial-Quantum etwa 24 Pfd. Kali enthält, woraus sich etwas über 33 Pfd. Cyankalium bilden können. In einem dort zugleich verschmolzenen Brauneisenstein (Muschelkalkformation) war kein Kaligehalt zu entdecken. — Die Beobachtung Berthier's**), daß Holzkohlen (Buchen- und Tannenkohlen), aus dem Gestell zweier Hohöfen genommen, bei ihrer Einäscherung noch einen beträchtlichen Gehalt an kohlensaurem Kali zeigten, scheint mit den zuvor gedachten Thatsachen im Widerspruch zu stehen; doch ist es wahrscheinlich, daß hierbei zufällige Umstände mitwirkten.

Berthier's Beobachtung.

Wöhler's Entdeckung.

Ein fernerer wichtiger Beleg für die Bildung des Cyans in den Eisenhohöfen wird durch die Entdeckung Wöhler's***) gegeben, daß sich bei der Verschmelzung titanhaltiger Eisensteine in Hohöfen eine eigenthümliche Verbindung von Cyantitan und Stickstofftitan bildet, bestehend aus 78,00 Titan, 18,11 Stickstoff und 3,89 Kohlenstoff. Dieser interessante Körper, welcher sich durch kupferrothe Farbe und vollkommnen Metallglanz auszeichnet, und häufig in scharf ausgebildeten Krystallen (Hexaëdern) vorkommt, wurde lange Zeit für metallisches Titan angesehen.

Nachdem es, in Folge der angeführten Thatsachen, als ausgemacht gelten muß, daß das Cyan kein zufälliges Produkt einzelner Hohöfen ist, sondern, theils als Cyankalium, theils auch als reines Cyan, einen in allen Hohöfen

*) Karsten's Arch. Bd. 24, Hft. 1, S. 286.
**) Erdm. u. Schweigg. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 6, S. 234 — 235.
***) Pogg. Ann. Bd. 78, S. 401.

vorhandenen Bestandtheil ausmacht, ist es von Wichtigkeit, das Verhalten desselben zum metallischen Eisen bei höherer Temperatur kennen zu lernen. Schon Gay-Lussac fand, daß Cyangas, über glühendes Eisen geleitet, in Stickstoff und Kohle zerlegt wird, welche letztere sich theils mit dem Eisen verbindet, theils sich auf die Oberfläche desselben absetzt. Nach Duflos*) soll das Eisen hierbei nicht blos Kohle, sondern auch Stickstoff aufnehmen**). — W. Stein***) hat gezeigt, daß Eisendrahtstücke von der Dicke eines Federkiels, nach halbstündigem Darüberleiten von Cyangas in der Rothglühhitze, ungefähr 0,3 Proc. Kohlenstoff aufgenommen hatten. Durch Ablöschen in Wasser wurden sie spröde und zeigten auf dem Bruche einen dunkleren Kern von faserigem Eisen und eine lichtere Schale von feinkörnigem Stahl. Ebenso wurden solche Drahtstücke durch 10 Minuten langes Eintauchen in geschmolzenes Cyankalium verstählt, und dasselbe war der Fall beim Erhitzen in einer Atmosphäre von Cyankaliumdampf. Kohlung des Eisens durch Cyan.

Kohle und Eisen. Bei der Erklärung der Kohlung des Eisens im Hohofen ist es ferner von Wichtigkeit, daß, wenn geschmolzenes Eisen (oder geschmolzener Stahl) mit weißglühender Kohle in Berührung kommt, letztere vom Eisen aufgelöst wird, bis sich dasselbe damit zu Roheisen gesättigt hat. Legt man ein Stück weiches Eisen (Stabeisen) auf die ebene Oberfläche einer als Unterlage dienenden Holzkohle, und erhitzt man beide in einem Kohlentiegel bis zur Weißgluth, so findet man, daß der gebildete Roheisenkönig jene Unterlage, soweit er damit in Berührung war, förmlich ausgehöhlt hat. Auch dürfte es nicht außer Acht zu lassen seyn, daß der Kohlenstoff, wie von Despretz neuerlich nachgewiesen, bei sehr hoher Temperatur flüchtig ist. Wenn auch im Hohofen die Temperatur eine so außerordentliche Höhe nicht erreicht, so finden hier doch Verhältnisse eigenthümlicher Art statt, die eine Verflüchtigung des Kohlenstoffs auch bei einem weniger hohen Hitzgrade ermöglichen können. Kohle und Eisen.

Die angeführten, auf die Kohlung des Eisens Bezug habenden Daten lassen es nicht zweifelhaft, daß das durch die Ofengase im Inneren des Hohofens reducirte Eisen vielfache Gelegenheit findet, sich mit Kohlenstoff chemisch zu verbinden und dadurch in geschmolzenes Roheisen umgewandelt zu werden. Man sieht ein, daß die Kohlung des Eisens eine nothwendige Folge

*) Brandes Archiv Bd. 22, S. 282.

**) Die Beobachtung Schafhäutl's (Prechtl's Encyklopädie Bd. XV. S. 364), daß fast jedes Roheisen und jeder Stahl eine kleine Menge Stickstoff enthalte, ist durch die neuerlich in dieser Hinsicht angestellten Versuche Marchand's (Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 49, S. 351, sowie Hartmann's Fortschritte der Eisenhüttenk. S. 254) nicht bestätigt worden.

***) Polytechn. Centralbl. 1851, Nro. 15. Berg- und Hüttenm. Zeitg. Bd. 10, S. 673.

der Verschmelzung der Eisenerze mit dem kohlereichen Brennmaterial ist, und daß die Kunst hierbei hauptsächlich nur darin besteht, das Eisen eine bestimmte, und zwar besonders nicht zu kleine Menge Kohlenstoff aufnehmen zu lassen. Die charakteristische Verwandtschaft des Eisens zur Kohle ist es, durch welche es allein möglich wird, Eisen im großen Maßstabe zu gewinnen und in beträchtlichen Massen zu schmelzen.

c) Schlackenbildung.

Da alle Eisenerze mehr oder weniger mit Gebirgsarten gemengt vorkommen, so ist das Zusammenschmelzen der letzteren zu einer verglasten Verbindung ebenfalls kein künstlich vorbereiteter, sondern, wie die Kohlung des Eisens, ein sich aus den Umständen ergebender Proceß. Derselbe bedarf aber von Seiten des Metallurgen der sorgfältigsten Beaufsichtigung und Regulirung. Nach dem, was bereits im ersten Bande dieses Werkes (S. 31—41) über Schlacken und deren Bildung im Allgemeinen gesagt wurde, genügt es vor der Hand, hierüber Folgendes hinzuzufügen.

Rolle der Schlacke beim Eisenhohofen-Processe.

Um die Rolle, welche die Schlacke bei dem Eisenhohofenprocesse spielt, genügend zu verstehen, müssen wir nochmals auf die Reduktion der Eisenerze und auf die Kohlung des daraus reducirten Eisens zurückblicken. Denken wir uns eine Eisenhohofen-Beschickung (ein Gemenge von Eisenerz und Zuschlag), welche, in abwechselnden Lagen mit Brennmaterial geschichtet, allmälig von dem oberen, kälteren Theile des Schachtraumes in den unteren, stark erhitzten Theil desselben niederrückt. Wir haben in einer solchen Beschickung drei verschiedene Materien zu unterscheiden: 1) das reine Eisenerz, 2) die demselben beigemengte (mit ihm verwachsene) Gebirgs- oder Gangart, und 3) den zur Beförderung einer guten Schlackenbildung zugesetzten Zuschlag (Bd. I, S. 31). Beide Arten der dem Erze beigemengten Stoffe bilden zusammen das Schlacken-Material, aus welchem durch Schmelzung die Schlacke hervorgeht. Die Reduktion des Eisenerzes geschieht bei einer Temperatur, in der noch keine Schlackenbildung eintritt, oder doch wenigstens nicht eintreten darf. Eine sehr fehlerhafte Beschickung würde es seyn, deren Schlackenmaterial eine solche Leichtflüssigkeit besäße, daß sich die Schlacke zum Theil schon vor beendeter Erz-Reduktion bildete. Als unvermeidliche Folge davon würde derjenige Theil des Erzes, der bis dahin nur zur Oxyd-Oxydul oder Oxydul reducirt worden wäre, der Verschlackung preisgegeben werden. Aber auch nach der vollständigen Reduktion des Erzes darf die Schlackenbildung noch nicht sogleich eintreten. Das poröse metallische Eisen, in der Gestalt, wie es die reducirenden Gasarten aus dem Erze reducirt haben, bedarf einer länger fortgesetzten Einwirkung dieser Gase, um einen gewissen Grad der Kohlung zu erreichen, durch welchen es zu einem hinreichend leichtschmelzbaren Kohleeisen wird. Ginge die Schlackenbildung be-

reits vor sich, ehe dieser Grad der Kohlung erreicht wäre, so würde die Schlacke das Eisen mehr oder weniger umhüllen, und dadurch sein Fortschreiten in der Kohlung behindern. Ein Theil derselben würde sogar in den Heerd des Ofens gelangen, ohne einen der Hauptzwecke der Schlacke erfüllt zu haben, nämlich: das geschmolzene Eisen auf seinem Wege vom Schmelzraum zum Heerde zu begleiten, und auf diese Weise gegen die oxydirende Einwirkung des Gebläsestromes in der Verbrennungs-Zone (wovon später) zu schützen. Dieser Zweck kann nur erreicht werden, wenn *die Schmelzung des gekohlten Eisens und die Schlackenbildung möglichst zu gleicher Zeit vor sich gehen.*

Qualität der Schlacke in Bezug auf Schmelzbarkeit.

Die soeben gestellte Forderung bedingt eine gewisse *Qualität* der Schlacke, oder richtiger des Schlacken-Materials. Es muß die Schlacke einen gewissen Grad der Schmelzbarkeit besitzen. Hieraus, sollte man meinen, müsse folgen, daß es eine Schlacke von bestimmter Zusammensetzung oder doch von bestimmter Schmelzbarkeit geben müsse, welche für alle Eisenhohöfen — gleichviel, welche Art der Eisenerze mit irgend einem Brennmaterial darin verschmolzen werden — die zweckmäßigste sey. Dies ist jedoch nur insoweit richtig, als es ausgemacht ist, daß eine Bisilicat-Schlacke — etwa bestehend aus 1 Atom Thonerde- und 1 Atom Kalkerde-Bisilicat — allerdings in vielen Fällen dem gedachten Zwecke vollkommen entspricht. In anderen Fällen aber wird, trotz der Wahrheit des Satzes hinsichtlich der nothwendigen Gleichzeitigkeit der Eisenschmelzung und Schlackenbildung, theils eine leichtflüssigere, theils eine strengflüssigere Schlacke erfordert. Wir wissen bereits, daß es schwer reducirbare und leicht reducirbare Eisenerze giebt (Bd. I, S. 588). Die Reduktion der ersteren wird später, und daher erst in einem tiefer gelegenen und heißeren Theile des Ofenschachtes beendet seyn, als die der letzteren. Dasselbe gilt von der Beendung der Kohlung, soweit dieselbe der Schmelzung vorangeht. Folglich erfordern *die schwer reducirbaren Erze eine strengflüssigere Schlacke als die leicht reducirbaren.*

Nicht immer ist es der Zweck des Eisenhohofen-Processes, ein mit Kohlenstoff gesättigtes oder übersättigtes, sich bei der Erkaltung als *graues* Roheisen darstellendes Produkt zu gewinnen, sondern in manchen Fällen zieht man es vor, ein — mehr oder weniger kohlearmes — *weißes* Roheisen zu erblasen. Als eine der Bedingungen hierzu wird im Allgemeinen eine niedrigere Temperatur im Ofenschachte als beim grauen Roheisen, sowie auch ein geringerer Grad der Kohlung des reducirten Eisens erfordert. Nach den zuvor aufgestellten Grundsätzen ergiebt es sich daher auch, daß *im Allgemeinen zur Gewinnung von grauem Roheisen eine strengflüssigere Schlacke als zur Gewinnung von weißem erfordert wird.*

Qualität der Schlacke, in Bezug auf chem. Wirkung.

Die Qualität der Schlacke ist nicht bloß hinsichtlich ihrer physischen Beschaffenheit (Schmelzbarkeit), sondern auch hinsichtlich ihrer chemischen Wirkung von Einfluß auf das Ausbringen des Roheisens. Eine zu acide (kieselerdereiche) Schlacke würde geneigt seyn, Eisenoxydul aufzulösen und dadurch Eisenverlust zu bewirken, während dagegen eine bis zu einem gewissen Grade kalkreiche Schlacke oder vielmehr ein kalkreiches Schlackenmaterial eine vortheilhafte Einwirkung auf den Schmelzproceß zeigt, von welcher später die Rede seyn wird. Von selbst versteht es sich, daß in der Schlacke wo möglich keine schädlichen Nebenbestandtheile, als ursprünglich darin vorhanden, auftreten dürfen, welche, wie z. B. Schwefel und Phosphor, von nachtheiligem Einflusse auf die Güte des ausgebrachten Roheisens sind (Bd. I., S. 579).

Einer der wichtigsten Zwecke der Schlacke ist der Schutz, welchen sie, als Umhüllungsmittel, dem aus dem Schmelzraume niederträufelnden und sich im Heerde ansammelnden Roheisen gegen die unmittelbare Einwirkung des oxydirenden Gebläsestromes gewährt. Es folgt hieraus, daß, zur Erreichung eines hinreichenden Schutzes dieser Art, nicht bloß — in Bezug auf die Schmelzbarkeit — eine gewisse Qualität, sondern auch eine bestimmte

Quantität der Schlacke.

Quantität der Schlacke erforderlich ist. Die Erfüllung dieser Anforderung verursacht in der Regel keine Schwierigkeit, da bei dem Verschmelzen einer Beschickung von 25 — 55 Proc. Eisengehalt — zwischen welchen Grenzen fast alle Eisenerz-Beschickungen fallen — eine Schlackenmenge gebildet wird, welche die Erzeugung eines guten Roheisens nicht verhindert.

2) Allgemeiner chemischer Hergang im Innern eines Hohofens.

In unserer Betrachtung der drei wichtigsten Vorgänge beim Eisenhohofen-Processe — Reduktion der Erze, Kohlung des reducirten Eisens und Schlackenbildung — haben wir größtentheils nur allgemeine chemische Verhältnisse berücksichtigt. Es wird sich jetzt darum handeln, die dadurch erlangte Einsicht zu specialisiren, indem wir namentlich auf die Modifikationen Rücksicht nehmen, welche unsere Theorie durch die besondere Construktion der Hohöfen und die daraus hervorgehenden Wirkungen erleidet.

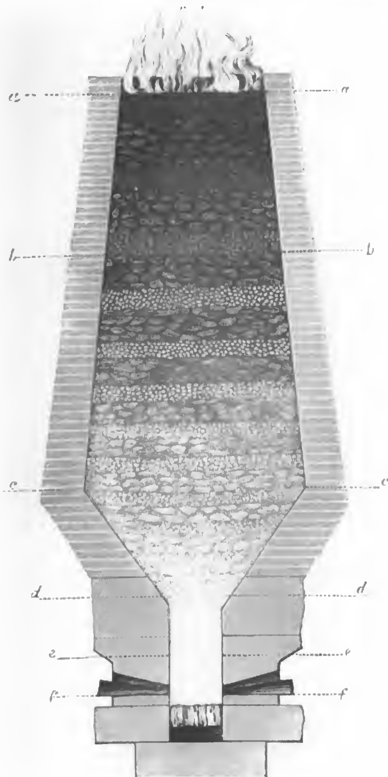
Die äußere und innere Einrichtung eines Eisenhohofens, soweit deren Kenntniß für unseren Zweck erfordert wird, ist schon früher (Bd. I., S. 78) beschrieben worden. In nebenstehender Figur 120 erblickt man das Innere eines mit Brennmaterial und Beschickung gefüllten Hohofens im senkrechten Durchschnitte *). Die schmaleren Schichten stellen die Beschickung, die brei-

*) Die Richtigkeit des Maßstabes (in Bezug auf die im Ofenschachte befind-

teren das Brennmaterial vor. Die ganze Beschickungs- und Brennmaterial-Säule, von dem Heerd-Niveau *ff* (Oberfläche der flüssigen Schlacke) bis zum Gicht-Niveau *a a*, läßt sich, in Bezug auf die verschiedenen chemischen Processe, welche in verschiedenen Höhen derselben stattfinden, in fünf Zonen eintheilen; nämlich in 1) die Vorwärm-Zone *a b*, 2) die Reduktions-Zone *b c*, 3) die Kohlungs-Zone *c d*, 4) die Schmelz-Zone *d e*, und 5) die Oxydations- oder Verbrennungs-Zone *e f*. Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die Grenzen dieser Zonen in verschiedenen Hohöfen keineswegen eine ganz gleiche Lage haben, sondern daß dieselben durch mancherlei Umstände sowohl höher als niedriger gerückt werden, wie auch abweichend von einander gestaltet seyn können. Unter den hierbei wirksamen Umständen sind vorzüglich von Einfluß: Construktion des Hohofens; Temperatur, Menge und Pressung der Gebläseluft; Beschaffenheit (und relative Menge) des Brennmaterials, der Erze und Zuschläge. Bei unserem gegenwärtigen Zweck kommt es jedoch weniger auf die absolute Lage und Aus-

Die fünf Zonen in einem Hohofen.

Fig. 120.

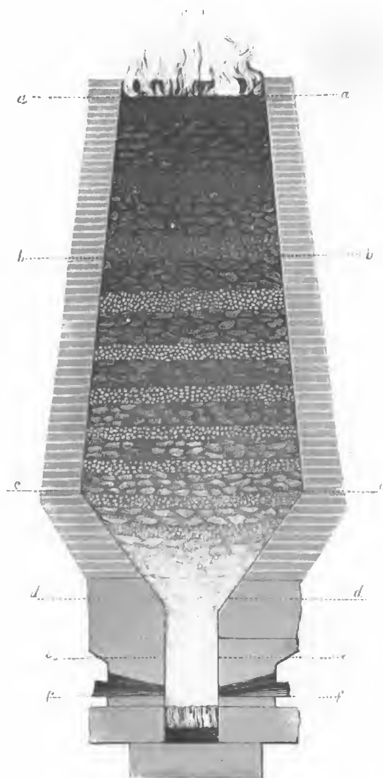


lichen abwechselnden (Erz- und Brennmaterial-Schichten) wurde bei dieser Zeichnung weniger beachtet, als die Deutlichkeit der Verhältnisse.

dehnung dieser Zonen an, als vielmehr auf die relative Aufeinanderfolge derselben.

Vorwärm-Zone. Mit dem Namen Vorwärm-Zone *ab* bezeichnen wir denjenigen Theil des Schachtraumes, in welchem, wegen der nicht hinreichend hohen Temperatur, noch keine Reduktion des Erzes begonnen hat. Hier wird die hygroskopische Feuchtigkeit aus Beschickung und Brennmaterial, sowie das vielleicht im Erze — wenn dasselbe keiner vorhergehenden Röstung unterworfen wurde — vorhandene chemisch gebundene Wasser ausgetrieben. Letzteres erfordert bei manchen Brauneisensteinen eine Temperatur von 300° C. und darüber. Innerhalb der Vorwärm-Zone gelangt das Erz kaum zum schwachen Glühen. Die ungefähre Zusammensetzung der Ofengase in diesem Raume ersieht man aus den (Bd. I., S. 345) mitgetheilten Analysen. Natürlich ist dieselbe in verschiedenen Hohöfen kaum annähernd gleich, da hierbei dieselben Umstände von Einfluß sind, welche soeben als bedingend für die Lage der verschiedenen Zonengrenzen angegeben wurden.

Fig. 120.



Reduktions-Zone. Die Reduktions-Zone *bc* hat die beträchtlichste Ausdehnung. Sie beginnt da, wo das Eisenoxyd des Erzes sich in Eisenoxydul umzuwandeln anfängt, und endet, wo das ganze Erz in metallisches Eisen um-

gewandelt ist. Wie schon oben erwähnt, wird das Eisenoxyd durch Einwirkung der reducirenden Gase zuerst zu Oxyd-Oxydul, in welchem sich der Oxydgehalt allmälig vermindert. Ob hierbei die, der Reduktion zu metallischem Eisen vorhergehende Desoxydation bis zu reinem Oxydul, oder nur bis zu einem dem Hammerschlag ähnlichen Oxyd-Oxydul ($\dot{F}e^6 \ddot{F}e$) stattfindet, darüber sind die Metallurgen verschiedener Meinung. Versuche von Ebelmen, die sogleich angeführt werden sollen, scheinen jedoch zu beweisen, daß die erstere Ansicht die richtigere sey. — Man kann die Reduktions-Zone in zwei Unterabtheilungen sondern; nämlich in eine obere, woselbst noch kein metallisches Eisen erzeugt wird, und in eine untere, wo die Bildung desselben beginnt. Hier werden die einzelnen Erzstücke von ihrer Oberfläche aus allmälig zu einer porösen Eisenmasse, welche ganz die äußere Gestalt der Erzstücke behält. Die Kohlung des gebildeten Eisens scheint anfangs nur in geringem Grade vor sich zu gehen, und erst rascher fortzuschreiten, wenn das Eisen in die Nähe des Kohlensacks gelangt. So lange die Erzstücke noch einen Kern von Oxyd-Oxydul oder Oxydul enthalten, entwickeln sich aus ihren Poren — durch Einwirkung der reducirenden Gasarten auf diesen Kern — Kohlensäure und Wasserdampf, was jedenfalls die Kohlung der metallischen Rinde nicht begünstigt. Ebelmen*) untersuchte Erzstücke, welche er mittelst einer besonderen Vorrichtung aus dem Kohlensack zweier Hohöfen genommen hatte. In beiden Oefen wurden Bohnerze aus der Juraformation verschmolzen; in dem Hohofen von Laissey in Stücken von Nußgröße, in dem von La Chapelle Saint-Quillain in etwa erbsengroßen Körnern. Die Erze hatten nach Ebelmen's Analyse im rohen Zustande folgende Zusammensetzung:

	Erz von Laissey.	Erz von La Chapelle.
Eisenoxyd	36,2	59,6
Wasser	10,0	15,0
Thonerdesilicat	16,6	25,4
Kohlensaurer Kalk	36,8	—
	99,6	100,0

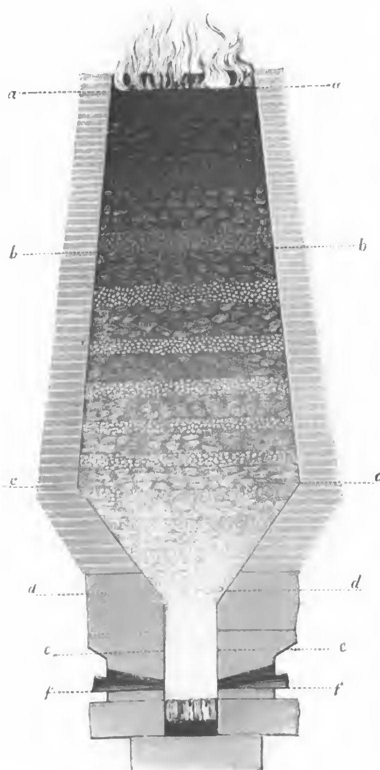
Wenn auch diese Zusammensetzung bei Erzen, welche aus einem Gemenge verschiedener Mineralien (Brauneisenstein, Thon und Kalkstein) bestehen, als keine constante betrachtet werden kann, so giebt sie doch ein ungefähres Anhalten zur Beurtheilung der Veränderungen, welche die Erze durch die Reduktion erlitten haben. Nachdem dieselben bis in die Gegend des Kohlensacks niedergegangen und wieder aus dem Ofen genommen worden waren, bestanden sie aus:

*) Ann. d. mines 3 sér. T. 16, p. 582.

	Erz von Laissey.	Erz von La Chapelle.
Eisenoxydul	30,2	35,0
Metallisches Eisen	10,0	26,7
Thonerdesilicat	22,0	37,5
Kaustischer Kalk	37,4	—
	99,6	99,2

Das an der Oberfläche der Erzstücke befindliche metallische Eisen zeigte sich vollkommen geschmeidig; beim Erze von Laissey schien es durchaus frei

Fig. 120.



von Kohle zu seyn, während es beim Erze von La Chapelle einen geringen Kohlegehalt (etwa wie Stabeisen) besaß. Wir haben hier zugleich ein Beispiel des verschiedenen Grades, bis zu welchem die Reduktion in den gleichen Zonen verschiedener Hohöfen vorgeschritten seyn kann. Im vorliegenden Falle haben hierbei, außer anderen localen Verhältnissen, die verschiedenartige physische und chemische Beschaffenheit der Erze eine Rolle gespielt. Das Erz von Laissey wurde in größeren Stücken angewendet, als das von La Chapelle, bot also den reducirenden Gasen eine verhältnißmäßig kleinere Oberfläche dar; überdies war es weniger reich an Eisenoxyd als letzteres, mußte also auch durch die größere relative Menge seiner fremden Bei-

mengungen der Einwirkung jener Gase größere Schwierigkeiten entgegensetzen. — Der in dem Erz von Laissey vorhandene kohlensaure Kalk war in den aus dem Kohlensack entnommenen Erzstücken vollkommen kausticirt; einige Fuß über dem Kohlensacke hatte derselbe angefangen, wie sich Ebelmen überzeugte, seine Kohlensäure zu entwickeln. In manchen anderen Hohöfen dürfte das Entweichen der Kohlensäure aus dem Kalksteine schon früher, d. h. in einem höher liegenden Theile der Reduktionszone seinen Anfang nehmen. — Die im Kohlensack herrschende Temperatur läßt sich bei den meisten Hohöfen auf ungefähr 1000° — 1200° C. abschätzen. Ebelmen fand, daß in dem Kohksbohofen von Pont l'Evêque Kupfer zum Schmelzen gebracht werden konnte. In dem Holzkohlenhohofen von Audincourt war die Temperatur nicht so hoch.

Verfolgen wir jetzt das Niedergehen der Beschickung durch die sich von der Kohlensack-Gegend bis in die Nähe des unteren Rast-Endes erstreckende Kohlungszone *cd*. Die Benennung dieser Zone ist nicht ganz richtig, da die Kohlung des Eisens einestheils, wie wir gesehen haben, bereits etwas oberhalb des Kohlensackes beginnen kann und anderentheils noch unterhalb dieser Zone fortgesetzt wird. Wir müssen dieselbe daher, um ihre Grenzen nicht zu weit auszudehnen, so definiren, daß wir darunter denjenigen Raum im Ofenschachte verstehen, in welchem kein oxydirtes Eisen mehr vorhanden ist und die Kohlung ohne Schmelzung vor sich geht. Innerhalb dieses Raumes befindet sich, wie schon früher gezeigt wurde, nicht blos Kohlenoxyd als kohlende Gasart, sondern es treten noch dampfförmiges Cyankalium und — wenigstens in manchen Fällen — freies Cyangas hinzu. Dieselben wirken bei einer von 1000° — 1200° C. (Kohlensack) bis auf ungefähr 1600° C. (Gegend des unteren Rast-Endes), d. h. bis auf den Schmelzpunkt des gekohlten Eisens steigenden Temperatur auf das aus dem porösen Zustande allmälig in den zusammengesinterten übergehende Eisen ein, welches dadurch zu einer stahlartigen Masse wird. Diese Stahlbildung im Rastraume hat man zuweilen Gelegenheit zu beobachten, wenn, gegen das Ende einer Hohofen-Campagne, das Gestell sehr ausgeblasen (durch Ausschmelzung erweitert) ist, so daß einzelne reducirte Erzstücke aus dem Rastraume sehr schnell, und daher ungeschmolzen, in den Heerd gelangen. Unter solchen Umständen fand Lossen*), daß dichte Rotheisensteinstücke, mit gänzlicher Beibehaltung ihrer äußeren Gestalt, zu einer stahlartigen Masse umgewandelt worden waren. Kohlungszone.

Sobald das mehr oder weniger zusammengesinterte stahlartige Eisen aus dem Kohlungsraum in die Schmelzzone *de* gelangt, beginnt es, da hier eine Temperatur von 1600° — 1700° C. und darüber herrscht, zu Schmelzzone.

*) Wöhler u. v. Liebig's Ann. Bd. 47, S. 150.

schmelzen und fließt, begleitet von der jetzt ebenfalls flüssig gewordenen Schlacke, nach dem Heerde. Auf diesem Wege muß es einen fast ganz mit weißglühenden Kohlen angefüllten Raum passiren und findet daher Gelegenheit, in der Berührung mit denselben und unter fortgesetzter Einwirkung der kohlenden Gasarten, sich mit Kohlenstoff zu Roheisen zu sättigen. Unter den hierzu günstigsten Verhältnissen, zu denen besonders eine hohe Temperatur gehört, tritt eine Uebersättigung an Kohlenstoff ein, welche bei der Erstarrung des Roheisens eine Ausscheidung von Graphit zur Folge hat. Andere Umstände, welche die Bildung des grauen Roheisens begünstigen, werden wir später kennen lernen.

Ort der Cyankalium-Bildung. Im unteren Theile der Schmelzzone und im oberen der nächst darunter liegenden Zone dürfte der Ort sein, wo die Cyankalium-Bildung hauptsächlich vor sich geht. Der Hitzgrad ist hier so groß, daß aus den in der Beschickung vorhandenen kalihaltigen Substanzen Kalium reducirt wird, welches, indem es in Dampfform mit weißglühender Kohle und dem Stickstoff der Luft in Berührung tritt, dampfförmiges Cyankalium und andere Cyanprodukte erzeugt. Nicht in allen Hohöfen aber scheint der Ort, wo sich das Cyankalium bildet oder doch vorhanden ist, von gleicher Ausdehnung zu seyn. Im Gegensatze zu Bunsen und Playfair's Beobachtungen, nach denen sich derselbe innerhalb eines Raumes zwischen Form und Kohlensack befindet, berichten Redtenbacher und Löwe*), daß das Cyankalium, welches sich in einem mit Holzkohlen und (350° C.) erhitzter Gebläseluft betriebenen Hohofen (Blauofen) von Mariazell in Steyermark in großer Menge erzeugt, auch »in den Röhren, durch welche die Gase auf der Gicht streichen,« gefunden wird. Es geht hieraus hervor, daß das Cyankalium in diesem Hohofen auch oberhalb des Kohlensacks, und zwar bis zu einem beträchtlichen Abstande von demselben, wenn auch nicht gebildet wurde, doch jedenfalls vorhanden war. Für dies unter gewissen Umständen stattfindende höhere Hinaufreichen der Cyanzone in einem Hohofen scheint auch folgende Mittheilung von J. Müller**) zu sprechen. Derselbe beobachtete, daß »wenn man, kaltblasend, plötzlich die Temperatur des Windes auf 250° bis 300° C. bringt, ohne durch früheres Aufgeben größerer Erzsätze dem durch warmen Wind entstehenden großen Gargange entgegengearbeitet zu haben, ein heftiges Qualmen des Tümpels und der Gicht erfolgt und die Flamme der letzteren durch das Aufsteigen eines dichten weißen Rauches ganz milchig erscheint.« Dieser weiße Rauch legte sich an kalte Körper in Gestalt eines weißen Pulvers, in welchem keine anderen Bestandtheile zu entdecken waren,

*) Wöhler u. v. Liebig's Ann. Bd. 47, S. 150.
**) Brgwrksfrnd. Bd. 5, S. 285.

als Kali und Kohlensäure. Nicht unwahrscheinlich ist dieses Salz, wenigstens zum Theil, aus Cyankalium entstanden.

Die Ursache, durch welche das im Obergestell gebildete und von hier aus in Dampfform aufwärts geführte Cyankalium in höher liegenden Theilen des Ofenschachtes wieder verschwindet, ist nicht schwer zu finden. Das Cyankalium besitzt eine so starke kohlende und reducirende Wirkung und findet auf seinem aufwärts gehenden Wege, indem es hier sowohl mit metallischem als oxydirtem Eisen in Berührung kommt, so vielfache Gelegenheit, diese Wirkung auszuüben, daß seine ohnehin nicht beträchtliche Quantität sich bald vermindert. Es ist ferner möglich, daß in der Reduktionszone ein Theil des Cyankaliums auch durch die hier zunehmende Kohlensäure zersetzt wird, indem sich Cyankaliumdampf und Kohlensäure zu Stickstoff, Kohlenoxyd und kohlensaurem Kali zerlegen. In dieselben Zersetzungsprodukte wird das zur Reduktion des oxydirten und zur Kohlung des metallischen Eisens verwendete Cyankalium umgewandelt, so daß in größerer oder geringerer Höhe über dem Kohlensack in der Regel kein Cyankalium mehr vorhanden ist. Das an dessen Stelle gebildete kohlensaure Kali sublimirt sich großentheils innerhalb der oberen Beschickungs-Schichten und wird bei deren Niedergange in die Schmelzzone geführt, wo es sich theils verschlackt, theils aber auch zur Erzeugung neuer Quantitäten von Cyankalium dient. Zersetzung des Cyankaliums.

Die Oxydations- oder Verbrennungszone, *ef*, ist im Vergleich zu den übrigen Zonen nur von sehr geringem Umfange. Welche Bewandtniß es hiermit hat, ergiebt sich aus dem Folgenden. Die aus der Düse in den Ofen strömende gepreßte atmosphärische Luft trifft überall auf Kohlen, welche sich in stärkster Weißgluth befinden, und verbrennt mit denselben augenblicklich zu einem Gemenge von Kohlensäure und Stickstoff. Dieses Gasgemenge besitzt im Momente seiner Entstehung eine außerordentlich hohe Temperatur, welche wir, zufolge einer schon früher (Bd. I., S. 479) angestellten Berechnung, zu mehr als 2500° C. abschätzen können. Indem dasselbe aber durch den mit Kohlen gefüllten oberen Gestellraum emporsteigt, verwandelt sich die Kohlensäure sehr bald in Kohlenoxyd, so daß bereits in geringer Höhe über der Form keine Kohlensäure mehr, oder doch nur eine kleine Menge derselben vorhanden ist. Diese Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd hat, wie ebenfalls schon im vorigen Bande (S. 387) gezeigt wurde, eine bedeutende Temperatur-Erniedrigung zur Folge. Es steht nämlich fest, daß die Temperatur, welche bei der direkten Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxyd entsteht, genau dieselbe seyn muß, wie diejenige, welche ein Kohlenoxydgas besitzt, das durch Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure und durch darauf folgende Kohleaufnahme dieser Kohlensäure entstanden ist. Und zwar muß dies ebensogut für eine Verbrennung in Sauerstoff wie in atmosphärischer Luft gelten. In letzterem Falle wird das Gasgemenge von

Verbrennungs-Zone.

Hohe Temperatur in der Verbrennungs-Zone.

Temperatur-Erniedrigung durch Kohlenoxyd-Bildung.

Kohlenoxyd und Stickstoff ganz dieselbe Temperatur besitzen, auf welchem jener beiden angegebenen Wege es auch gebildet seyn mag. Um also zu finden, bis zu welchem Grade sich die Temperatur in einem Hohofen durch Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxydgas vermindert, brauchen wir nur zu berechnen, welche Temperatur durch Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxyd in atmosphärischer Luft erzeugt wird. Eine früher entwickelte Formel giebt uns diese Temperatur bereits an (Bd. I., S. 387):

$$P = \frac{2480}{2^1/_3 \cdot 0{,}288 + 3^1/_3 \cdot 1^1/_3 \cdot 0{,}275} = 1310^0 \text{ C.}$$

In diesem Ausdrucke sind aber, hinsichtlich unseres vorliegenden Falles, nicht berücksichtigt worden: 1) die Temperatur, welche die im Gestell eines Hohofens verbrennende Kohle schon vor ihrer Verbrennung besitzt, 2) der Aschengehalt dieser Kohle, und 3) die Temperatur der Gebläseluft.

In Betreff des ersten Punktes wissen wir, daß das in der Verbrennungszone herrschende Temperaturmaximum 2650° C. beträgt (Bd. I, S. 479), und daß die hier verbrennende Kohle denselben Hitzgrad besitzt. Kohle von 2650° C. verbrennt an dem heißesten Orte dieser Zone zu 2650° C. heißer Kohlensäure (loc. cit.), und letztere nimmt bei ihrem Aufwärtssteigen an der Grenze der Schmelzzone so viel Kohlenstoff auf, daß sie sich dadurch in Kohlenoxyd umwandelt. Diese zweite Portion Kohlenstoff — welche, wie die Zusammensetzung der Kohlensäure und des Kohlenoxydgases lehrt, genau eben so viel beträgt, wie jene zu Kohlensäure verbrannte Kohle — hat eine Temperatur t, die jedenfalls niedriger als 2650° C. ist. Die mittlere Temperatur der im Ganzen consumirten Kohle, von der wir ein direktes Verbrennen zu Kohlenoxyd annehmen, ergiebt sich daher $= \frac{2650 + t}{2}$.

Den Aschengehalt der Holzkohle können wir — in Betracht der Verbrennung, welcher die Kohlen während ihres Niederganges bis zur Schmelz- und Oxydationszone ausgesetzt waren, — zu 5 Proc. veranschlagen. Indem wir daher 1 Gwthl. Holzkohle als aus a Kohlenstoff und b Asche zusammengesetzt betrachten, wird $a = 0{,}95$ und $b = 0{,}05$.

Die Temperatur der Gebläseluft möge $= 15^0$ C. in Rechnung gebracht werden.

Unter Berücksichtigung dieser Daten werden wir zu folgendem Ausdrucke geführt, welcher die an der Grenze der Verbrennungszone durch Kohlenoxydbildung hervorgebrachte Temperatur T ausdrückt.

$$T = \frac{2480 + \frac{2650 + t}{2}(a+b) \cdot 0{,}2415 + 15\,(1^1/_3\, a \cdot 0{,}236 + 4^4/_9\, a \cdot 0{,}275)}{2^1/_3\, a \cdot 0{,}288 + b \cdot 0{,}2 + 3^1/_3 \cdot 1^1/_3\, a \cdot 0{,}275}$$

$$= \frac{2480 + (0{,}1208 \cdot t + 320)(a + b) + 23{,}06 \cdot a}{1{,}895 \cdot a + 0{,}2 \cdot b}$$

$$= \frac{2822 + 0{,}1208 \cdot t}{1{,}81}.$$

Bei der Umwandlung der Kohlensäure in T^0 heißes Kohlenoxyd wird t^0 heiße Kohle von ersterer aufgenommen. Es befinden sich aber Kohlenoxyd von T^0 und Kohle von t^0 in fortwährender Berührung oberhalb der Verbrennungszone, wodurch sich zwischen beiden ein Temperatur-Gleichgewicht herstellen muß, welches es erlaubt, daß wir ohne erheblichen Fehler $t = T$ setzen können. Folglich

$$T = \frac{2822 + 0{,}1208 \cdot T}{1{,}81}$$

$$T = \frac{2822}{1{,}81 - 0{,}1208} = 1670^0 \text{ C.}$$

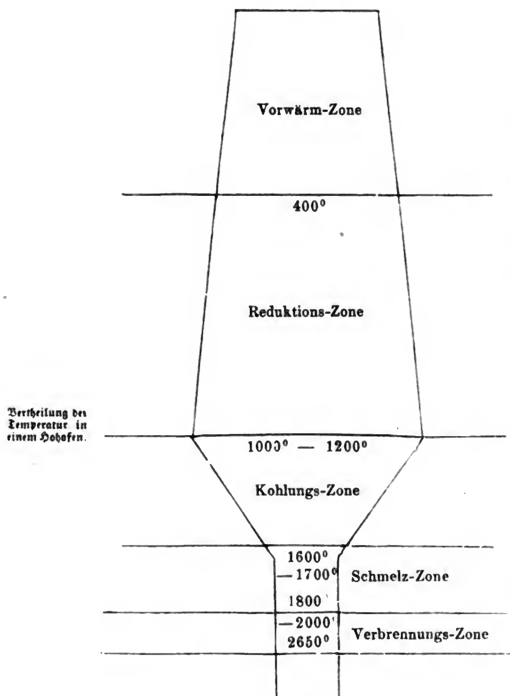
Während sich also das Temperatur-Maximum in der Verbrennungszone auf 2650⁰ C. beläuft, beträgt der Hitzgrad an der nicht weit davon entfernten Grenze gegen die Schmelzzone nur noch 1670⁰ C. Es hat also innerhalb einer sehr kurzen Zeit- und Raum-Distanz eine Temperatur-Erniedrigung von ungefähr dem Schmelzpunkte des Platins bis zu dem des Roheisens (Bd. I., S. 378) stattgefunden. Diese bedeutende Temperatur-Differenz von fast 1000⁰ C. tritt natürlich nicht so schroff und plötzlich ein, daß wir uns durch das Gestell eines Hohofens eine Ebene gelegt denken können, unmittelbar über welcher ein Hitzgrad von 1670⁰ C. und unmittelbar unter welcher ein Hitzgrad von 2650⁰ C. herrscht. Theils durch Mengung von Gasströmen verschiedener — zwischen den Grenzen 2650⁰ und 1670⁰ liegenden — Temperaturen, theils durch Wärmestrahlung aus der Verbrennungszone in die Schmelzzone wird ein stufenweiser Uebergang vermittelt, der aber immer noch schroff genug bleibt, selbst wenn wir uns jene Temperatur-Differenz von nahe 1000⁰ C. zwischen dem heißesten Orte der Verbrennungszone und der oberen Grenze der Schmelzzone gleichmäßig vertheilt denken. Unter solcher Voraussetzung können wir die Grenze zwischen Verbrennungs- und Schmelzzone da annehmen, wo eine Temperatur von 1800⁰ — 2000⁰ C. herrscht.

Die Oxydations- oder Verbrennungszone ist also nicht bloß durch die in ihr vorhandene größere Kohlensäuremenge, sondern auch durch eine der letzteren entsprechende hohe Temperatur von 2000⁰ — 2650⁰ C. charakterisirt. Dem ersteren Umstande verdankt sie ihren Namen: Oxydationszone; Verbrennungszone heißt sie wegen der hauptsächlich in ihr vorgehenden Verbrennung des Brennmaterials. Ein erhitztes kohlensäurereiches Gasgemenge wirkt oxydirend auf geschmolzenes Roheisen, indem die Kohlensäure ($\ddot{C}$)

durch die Hälfte ihres Sauerstoffs den Kohlenstoff des letzteren zu Kohlenoxyd (Ċ) verbrennt und dabei selbst zu Kohlenoxyd wird. Eine solche Entkohlung zu bewirken, liegt hier aber natürlich nicht im Zwecke des Processes; es ist vielmehr nur eine sich unvermeidlich aus den Umständen ergebende Folge, welche ihre Schädlichkeit verliert, wenn das niedertropfende Roheisen gegen eine solche Einwirkung durch die Schlacke möglichst geschützt wird.

Heerd-Raum. Unmittelbar unter der Verbrennungszone befindet sich der Heerd, in welchem sich Roheisen und Schlacke ansammeln und nach ihrer specifischen Schwere in zwei Schichten sondern. Beide gelangen in diesen Ansammlungsraum in einem über 2000° C. erhitzten Zustande. Der Schmelzpunkt des Roheisens liegt ungefähr bei 1600° C. Die bedeutende Ueberhitzung, in welcher sich das Roheisen befindet, erhält dasselbe lange Zeit flüssig und macht es möglich, große Quantitäten davon im Heerde anzusammeln.

Fig. 121.



Vertheilung der Temperatur in einem Hohofen. Fig. 123 giebt uns einen Ueberblick der an den Grenzen der verschiedenen Ofenzonen herrschenden Temperaturen. Wenn uns die Theorie hierbei auch nur zu Resultaten von annähernder Richtigkeit geführt hat, so ist ein solches Bild gleichwohl von Nutzen, da es zur Erklärung mancher sonst leicht mißverstandener Verhältnisse beiträgt. — Einer der erheblichsten Fehler, den wir uns bei der Berechnung der Temperaturen der Verbrennungs- und der

Schmelzzone zu Schulden kommen ließen, dürfte darin bestehen, daß wir die Wärme-Capacitäten der betreffenden Stoffe so annehmen mußten, wie sie der gewöhnlichen Temperatur entsprechen, weil die zwischen Wärme-Capacität und Temperatur stattfindenden gesetzlichen Beziehungen bis jetzt nicht näher ermittelt sind. Als ausgemacht kann man es betrachten, daß die Wärme-Capacitäten mit der Temperatur wachsen.

3) Von der Rolle, welche Silicium, Phosphor, Schwefel und einige andere Stoffe beim Hohofenprocesse spielen.

Wir haben bei der vorhergehenden Betrachtung des Eisenhohofen-Processes der Einfachheit wegen angenommen, daß bei demselben hauptsächlich nur Eisenerz (Eisenoxyd), Schlacke (Kieselerde, Thonerde, Kalkerde), Brennmaterial (Kohle) und atmosphärische Luft (Stickstoff und Sauerstoff) wirksam seyen, und daß in Folge davon eine geschmolzene Verbindung von Kohlenstoff-Eisen, Roheisen, erzeugt werde. In ihrer Anwendung auf die Praxis erleidet unsere Theorie dadurch wesentliche Modificationen, daß bei dem genannten Processe noch manche andere Stoffe eine Rolle spielen und dadurch gewisse Vorgänge bedingt werden. Solche bisher von uns nicht berücksichtigte Stoffe sind vorzugsweise: Silicium, Phosphor, Schwefel, Arsenik, Mangan und verschiedene leichtere Metalle, wie namentlich Aluminium und Calcium.

Berzelius hat gezeigt, daß eine Verbindung des Siliciums mit dem Eisen nicht nothwendig einen flüssigen Zustand des letzteren voraussetzt, sondern daß eine solche bereits entsteht, wenn z. B. Eisenfeilspäne mit feingepulverter Kieselerde und Kohlenstaub längere Zeit stark erhitzt (cementirt) werden, indem sich hierbei das Silicium mit dem Eisen ebenso verbindet, wie es unter denselben Umständen — die Wirkung des Kohlenoxyds und der anderen kohlenden Gase außer Betracht gesetzt — die Kohle thut. Um so leichter muß eine Aufnahme von Silicium stattfinden, wenn flüssiges Eisen mit Kieselerde unter sonst günstigen Verhältnissen in Berührung kommt. Alles Roheisen ist daher, wie auch die Analysen zeigen (Bd. I, S. 580), mehr oder weniger siliciumhaltig, je nachdem es aus einer mehr oder weniger kieselerdereichen Beschickung und bei höherer oder niederer Temperatur erzeugt wurde. Besonders in der Schmelzzone, zum Theil aber auch schon in der Kohlungszone, findet sich Gelegenheit zu einer Aufnahme von Silicium. In ersterer ist flüssiges und halbflüssiges kohlehaltiges Eisen theils mit geschmolzener und schmelzender Schlacke, theils mit den in den Erzstücken selbst vorkommenden kieselhaltigen Substanzen bei einer bis zu 1800° C. und darüber gehenden Temperatur in unmittelbarer Berührung. Es bildet sich daher Silicium- Silicium.

eisen, welches sich in dem Uebermaße des vorhandenen kohlehaltigen Eisens auflöst. Die Reduktion der Kieselerde findet hierbei theils durch den Kohlenstoffgehalt des Eisens, theils durch letzteres selbst statt. Je quarziger der Eisenstein und je kieselerdereicher die Schlacke, desto mehr Silicium wird in das Eisen übergehen, vorausgesetzt, daß die zur Zerlegung der Kieselerde erforderliche hohe Temperatur vorhanden ist. Das weiße Roheisen pflegt höchstens 0,5 Proc. Silicium zu enthalten, während der Siliciumgehalt des grauen Roheisens bis auf 3,5 Proc. und mitunter noch höher steigt. In einem grauen französischen Roheisen fand Schafhäutl 4,86 Proc. Silicium.

Silicium-Gehalt des Roheisens.

Das graue Roheisen mit höherem Kohlegehalt ist im Allgemeinen ärmer an Silicium als das mit niederem Kohlegehalt. Kohle und Silicium ersetzen einander also gewissermaßen, die Summe beider Stoffe pflegt im grauen Roheisen 4 — 8 Proc. zu betragen. Die Ursachen dieses Verhältnisses sind folgende. Das weiße Roheisen — von welchem wir die durch einen beträchtlichen Schwefelgehalt charakterisirte Varietät außer Betracht lassen — wird in der Regel bei niederer Temperatur des Hohofens, aus leichter reducirbaren Erzen und bei einem leichter schmelzbaren, weniger kieselerdereichen Schlackenmaterial erzeugt, als dies beim grauen Roheisen der Fall ist. In Folge davon bietet sich hier zur Reduktion einer größeren Menge Silicium keine Gelegenheit; das Eisen kann sich, wenn sonst ein richtiger Schmelzgang stattfindet, mit Kohle sättigen, und wird als ein weißes Roheisen mit höherem Kohle- und geringem Silicium-Gehalte erstarren. Die entgegengesetzten Bedingungen bewirken die Erzeugung eines siliciumreichen grauen Roheisens, welches um so mehr Silicium und Kohle (in summa) enthalten wird, je höher die Ofentemperatur ist. Das von dem flüssigen Kohleeisen aufgenommene Silicium ist eine der mitwirkenden Ursachen, welche die Ausscheidung des Graphits bedingen. Ein mit Kohle gesättigtes oder übersättigtes Eisen vermag bei der Erstarrung um so weniger seinen Kohlegehalt chemisch gebunden zu erhalten, als es reich an Silicium ist. Sind die Bedingungen zur Erzeugung eines siliciumreichen Roheisens günstig, so sind sie es gewöhnlich nicht in Bezug auf die Aufnahme von Kohlenstoff und umgekehrt. Dies ergiebt sich schon daraus, daß der zur Reduktion der Kieselerde verwendete Kohlenstoff wohl größtentheils dem Kohlegehalte des Roheisens entnommen wird. Daher pflegt das graue Roheisen mit niederem Kohlegehalt reicher an Silicium zu seyn, als das mit höherem, während der summarische Gehalt an beiden Stoffen vorzugsweise von dem Hitzgrade im Ofenschachte, namentlich in der Schmelzzone, abhängig ist. Bei Anwendung einer stark erhitzten Gebläseluft und eines kohlereichen Brennmaterials von großem specifischen Gewicht, wie aschearmer Kohk und Anthracit, wird das an Kohle und Silicium reichste graue Roheisen erblasen.

Einfluß des Siliciums auf die Graphitausscheidung.

Nicht bloß Kohle, sondern auch Silicium scheint sich beim Erstarren des siliciumhaltigen Kohleeisens auszuscheiden. Wehrle *) fand in einem Graphit 1,2 Proc. Silicium. Schafhäutl **) analysirte einen Graphit in papierdicken elastischen Blättchen und erhielt 3,07 Silicium; außerdem 14,47 Eisen und 7,62 Kieselerde, welche letztere, wenigstens zum Theil, wohl durch spätere Oxydation von Silicium entstanden war und daher den ursprünglichen Siliciumgehalt bedeutend erhöht. Ein lebhaft glänzender Graphit in sehr dünnen Blättchen, welcher durch die Behandlung mit Säuren und Alkalien sein Ansehen nicht veränderte, bestand nach demselben Chemiker aus 85,45 Kohlenstoff, 9,50 Eisen und 4,93 Silicium. Ausgeschiedenes Silicium.

Das Silicium ertheilt dem damit verbundenen Roheisen eine größere Härte, beeinträchtigt aber seine Festigkeit. In dem zum Frischen (zur Erzeugung von Stabeisen) bestimmten Roheisen ist ein Siliciumgehalt insofern von keinem Nachtheil, als er durch die oxydirende und verschlackende Wirkung des Frischprocesses daraus entfernt werden kann. Allerdings aber kann dies nicht geschehen, ohne einen entsprechenden Eisenverlust nach sich zu ziehen. Eigenschaft des siliciumhaltig. Roheisens.

Der Phosphor, in Gestalt von phosphorsauren Salzen, bildet einen Bestandtheil der Asche aller Brennmaterialien; er findet sich ferner in manchen Eisensteinen, namentlich in den Sumpf- und Wiesenerzen, sowie auch nicht selten in den als Zuschläge angewendeten Substanzen, besonders im Kalkstein. Es läßt sich daher schließen, daß es keine Hohofen-Beschickung giebt, welche ganz frei von Phosphorsäure ist, und daß es ebensowenig ein Roheisen geben dürfte, in welchem sich bei genauer Untersuchung nicht wenigstens Spuren von Phosphor nachweisen ließen. Löst man Roheisen in erhitztem Königswasser und setzt zu der vom kohligen Rückstande abfiltrirten sauren Solution molybdänsaures Ammoniak, so läßt sich die Gegenwart einer selbst nur geringen Menge Phosphorsäure durch den sich, nach Svanberg, bildenden gelben Niederschlag wahrnehmen, dessen Farbe besonders deutlich hervortritt, wenn man die darüberstehende dunkelgefärbte Solution vorsichtig abgießt. Phosphor.

Ein Phosphorgehalt des Roheisens wirkt auf Härte und Festigkeit desselben ganz ähnlich, aber in höherem Grade, wie ein Gehalt an Silicium. Nach Karsten sind schon 0,5 Proc. Phosphor hinreichend, um die Festigkeit des Roheisens in bemerkbarer Weise zu vermindern. Roheisensorten, welche 1 — 1,5 Proc. Phosphor enthalten, kommen keineswegs selten vor. In einem weißen Französischen Roheisen von Firmy fand Berthier 2,3 Proc. und in einem aus Wiesenerzen erblasenen weißen Roheisen Karsten 5,6 Proc. Phosphor. Im weißen Roheisen sieht man einen beträchtlicheren Phosphorgehalt noch weniger gern als im grauen, weil er beim Frischen (wozu vor- Eigenschaft des phosphorhaltigen Roheisens.

*) Lehrb. d. Probir- u. Hüttenk. 2te Ausgabe. Bd. 2, S. 19.

**) Erdmann's Journ. f. pr. Chem. Bd. 19, S. 159.

zugsweise das weiße Roheisen verwendet wird) ohne entsprechenden Eisenverlust nicht vermindert, unmöglich aber ganz entfernt werden kann. Bei dem zu solchen Gußwaaren, die keine große Festigkeit zu besitzen brauchen, verwendeten grauen Roheisen ist ein nicht allzu bedeutender Phosphorgehalt nicht bloß unschädlich, sondern sogar von Vortheil. Das phosphorhaltige Eisen besitzt nämlich einen niedrigeren Schmelzpunkt und zeigt sich im geschmolzenen Zustande dünnflüssiger als das phosphorfreie, weswegen es die Formen sehr gut ausfüllt und Gußstücke mit scharfen Contouren liefert.

Weißwerden des Roheisens durch Phosphor.

Man nimmt an, daß das phosphorhaltige Roheisen Neigung zum Weißwerden (Erstarren als weißes Roheisen) besitze. In gewisser Beziehung ist dies vollkommen wahr, kann aber leicht unrichtig verstanden werden. Wirft man einen Blick auf die Analysen verschiedener Roheisensorten *), so findet man Folgendes:

1) Das graue Roheisen enthält mitunter zwar nur Spuren und geringe Mengen von Phosphor, oft aber auch 1 — 1,5 Proc. So z. B. fand Svanberg 1,46 Phosphor in einem mit Anthracit erblasenen grauen Roheisen von Douville in Amerika, welches nicht weniger als 6,48 Kohlenstoff (Graphit und chemisch gebundene Kohle) enthielt. Bodemann untersuchte zwei Sorten grauen Holzkohle-Roheisens von Lerbach bei Clausthal, von denen das eine (3,85 Graphit und 0,48 chemisch gebundene Kohle) bei kaltem und das andere (3,48 Graphit und 0,95 chemisch gebundene Kohle) bei 90° R. heißem Winde erblasen worden war, und fand die respectiven Phosphorgehalte zu 1,22 und 1,68 Proc.

2) Das weiße Roheisen enthält in der Regel nur geringe, selten über 0,4 — 0,5 Proc. betragende Mengen von Phosphor, das Spiegeleisen kaum mehr als Spuren davon.

Der Widerspruch, in welchem diese Thatsachen mit jener Annahme — vom Weißwerden des Roheisens durch einen höheren Phosphorgehalt — zu stehen scheinen, verschwindet bei der Berücksichtigung der nachstehenden Verhältnisse, welche sich ergeben, wenn wir eine Hohofenbeschickung phosphorhaltiger Eisenerze bei ihrem Niedergehen im Schachtraume verfolgen.

Hergang bei Verschmelzung von phosphorhaltiger Beschickung.

Schon innerhalb der Reduktionszone, besonders in dem unteren Theile derselben, wo — beim Kohlensack — die Temperatur bis auf 1000°—1200° C. steigt, wird durch die vereinte Wirkung der reducirenden Gase und des metallischen Eisens eine Reduktion der Phosphorsäure vor sich gehen und in Folge davon ein phosphorhaltiges Eisen gebildet werden, dessen Phosphorgehalt beim tieferen Niedergehen der Beschickung sich noch steigern wird. Da nun sowohl das reine als das kohlehaltige Eisen durch Aufnahme von Phosphor bedeutend leichtflüssiger werden, so wird das reducirte poröse Eisen seine Po-

*) Bd. 1, S. 580. Ferner Rammelsberg Lehrb. d. chem. Metallurgie, S. 67.

rosität in dem Maße bald einbüßen, als sein Phosphorgehalt beträchtlich ist. Es wird eine zusammengesinterte Masse entstehen, die der Kohlung durch die kohlenden Gase eine weit geringere Oberfläche bietet als eine poröse (S. 5), und welche bereits vor ihrem Eintritte in die eigentliche Schmelzzone flüssig werden wird. Allerdings bleibt diesem flüssigen kohlearmen und phosphorhaltigen Eisen noch die Gelegenheit zur Kohlenstoffaufnahme, während es die Schmelzzone passirt. Herrscht hier eine sehr hohe Temperatur, so wird das Resultat der Schmelzung ein graues Roheisen sein; ist die Temperatur aber minder hoch, so wird ein weißes (kohlearmes und phosphorhaltiges) Roheisen erfolgen. Man sieht daher ein, daß bei demselben Minimum der Schachttemperatur, bei welchem ein phosphorfreies Erz noch ein graues Roheisen giebt, ein phosphorhaltiges Erz bereits ein weißes Roheisen liefert; daß aber letzteres, wenn der Phosphorgehalt nicht allzu bedeutend ist, durch erhöhte Temperatur verhindert werden kann. Weil ferner das phosphorhaltige weiße Roheisen zum Verfrischen nicht eben geeignet ist, das phosphorhaltige graue Roheisen aber beim Gießereibetriebe gut verwendet werden kann, so pflegt man die Verschmelzung phosphorhaltiger Erze stets bei hoher Temperatur vorzunehmen, um womöglich graues Roheisen daraus zu erzeugen. Aus diesem Grunde wird ein beträchtlicherer Phosphorgehalt häufiger im grauen als im weißen Roheisen angetroffen.

Einfluß des Phosphors auf die Graphitausscheidung.

Das im Rastraume gebildete und bereits flüssig gewordene phosphorhaltige Eisen, welches im Momente seines Flüssigwerdens stets mehr oder weniger kohlearm ist, nimmt während seines Niederganges zum Heerde, durch unmittelbare Berührung mit weißglühender Kohle, eine zweite Portion Kohlenstoff auf, deren Größe sich besonders nach der Temperatur des Schmelzraumes richtet. Auf diese Weise erfolgt eine Sättigung des Eisens mit Kohlenstoff, welche es möglich macht, daß das phosphorhaltige Roheisen bei seiner Erstarrung Graphit ausscheidet. Und zwar scheint hier ein ähnliches Verhalten wie beim siliciumhaltigen Eisen einzutreten, indem ein größerer Phosphorgehalt die Ausscheidung einer größeren Menge Kohlenstoff (als Graphit) zur Folge hat. Wie also gewissermaßen Silicium und chemisch gebundener Kohlenstoff einander ergänzen, so thun es auch Phosphor und Kohlenstoff. Hierbei findet aber jedenfalls eine gewisse Grenze statt; denn ein mit Phosphor überladenes Roheisen (dessen Phosphorgehalt beträchtlich über 1,5 Proc. beträgt) ist schwerlich noch zur Graphitausscheidung zu bringen, weil es — da seine auflösende Kraft in Bezug auf den Kohlenstoff durch jenes Uebermaß von Phosphor zu sehr geschwächt wurde — nur wenig Kohlenstoff aufzunehmen vermochte.

Zweckmäßigste Behandlung einer phosphorhaltigen Beschickung.

Wenn es auch, besonders durch Karsten's Untersuchungen, als ausgemacht gelten kann, daß beim Hohofen-Processe aller im Erze selbst enthaltene Phosphor in's Roheisen übergeht, so darf dies doch weder auf einen Phos-

phorgehalt der das Erz begleitenden Gangart, noch auf phosphorhaltiges Brennmaterial oder phosphorhaltige Zuschläge bezogen werden. Phosphorsäure, welche auf eine der letzteren Arten vorkommt, wird jedenfalls zunächst in die Schlacke geführt und kann daraus durch Einwirkung des kohlehaltigen Eisens wohl theilweise, aber schwerlich ganz reducirt werden. Der Grad, in welchem dies stattfindet, ist abhängig 1) von der Temperatur, bei welcher Roheisen und Schlacke in flüssigem Zustande auf einander einwirken, 2) von der Zeit ihrer gegenseitigen Berührung, und 3) von dem größeren oder geringeren Kalkgehalt der Schlacke. Es folgt hieraus die Regel, daß man, bei phosphorhaltiger Erzgangart und phosphorhaltigem Brennmaterial, den Hohofenproceß bei möglichst niedriger Temperatur und unter Anwendung eines beträchtlichen Zuschlages von — möglichst phosphorsäurefreiem — Kalkstein zu führen habe. Hierin besteht vor der Hand das einzige Mittel, durch welches ein solcher Phosphorgehalt theilweise unschädlich gemacht werden kann. Ein beträchtlicher Phosphorgehalt des Erzes selbst nöthigt dagegen zu dem bereits oben gedachten Verschmelzen auf graues Gußroheisen.

Schwefel. Auch der Schwefel macht, gleich dem Phosphor, einen in keiner Hohofenbeschickung fehlenden Bestandtheil aus. Einestheils wird seine Gegenwart durch den Schwefel- (Schwefelsäure-) Gehalt der Asche der Brennmaterialien, anderentheils dadurch bedingt, daß sowohl Eisenerze als Zuschläge häufig Schwefelmetalle (Schwefelkies, Kupferkies u. s. w.), zuweilen auch schwefelsaure Salze (Schwerspath, Gyps) beigemengt enthalten.

Wirkung des Schwefels auf geschmolzenes Roheisen. Von Huëne *) hat Versuche beschrieben, welche das Verhalten des Roheisens zum Schwefel auf eine sehr augenfällige Weise darthun. Durch Karsten **) sind diese Versuche wiederholt und erweitert worden. Als Hauptresultat derselben ergiebt sich Folgendes: Bringt man geschmolzenes Spiegeleisen mit einer hinreichenden Menge Schwefel in Berührung, oder schmelzt man beide in einem verschlossenen Tiegel zusammen, so bildet sich Schwefeleisen, und man findet die mit dem Eisen chemisch verbunden gewesene Kohle in Gestalt eines rußartigen Körpers ausgeschieden. Die Kohle wird also durch Schwefel aus ihrer Verbindung mit dem Eisen ausgetrieben. Wird dagegen geschmolzenes graues Roheisen über Schwefel gegossen, dessen Menge zur vollständigen Umänderung des Eisens in Schwefeleisen nicht hinreicht, so bildet sich eine Schicht Schwefeleisen, unter welcher man nach dem Erkalten ein vollkommenes Spiegeleisen findet. Nach dem zuerst angeführten Verhalten läßt sich dies leicht erklären. Der durch den Schwefel abgeschiedene Kohlenstoff wird von dem flüssigen, nicht in Schwefeleisen umgewandelten Roheisen aufgenommen, welches dadurch zu einem kohlereicheren Eisen wird und, wenn die

*) Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 26, S. 308.
**) Karsten's Eisenhüttenk., 3te Ausg., Bd. 1, S. 427.

Abkühlung hinreichend schnell eintritt, als Spiegeleisen erstarrt. Karsten giebt die Zusammensetzung des zum Versuche angewendeten grauen, und des daraus erhaltenen Spiegeleisens an, wie folgt:

	Graues Roheisen.	Spiegeleisen.
Chemisch gebundene Kohle	0,625	5,488
Graphit	3,312	—
Schwefel	0,029	0,446

Daß die chemische Wirkung des Schwefels in diesem Falle wesentlich nur in der Abscheidung von Kohlenstoff und in der daraus folgenden höheren Kohlung des nicht in Schwefeleisen umgewandelten Roheisens besteht, keineswegs aber von direktem Einflusse auf die Bildung von Spiegeleisen ist, geht daraus hervor, daß man bei langsamerer Abkühlung des mit Schwefel behandelten grauen Roheisens (bei Anwendung eines geschmolzenen Roheisens von sehr hoher Temperatur) kein Spiegeleisen, sondern ein graphitreiches graues Roheisen erhält. Dies ergiebt sich aus folgendem Versuche.

	Zur Behandlung mit Schwefel angewendetes graues Roheisen.	Dadurch erhaltenes graues Roheisen.
Chemisch gebundene Kohle	0,594	1,109
Graphit	3,265	4,514

Nur insofern mag der Schwefel unter den gedachten Umständen zur Bildung von Spiegeleisen beitragen, als ein großer Theil desselben verflüchtigt und dem flüssigen Roheisen dadurch Wärme entzogen wird. Dieser Wirkung wird durch eine nicht zu große Schwefelmenge, sowie durch eine möglichst hohe Temperatur und langsame Abkühlung des flüssigen Roheisens entgegengearbeitet.

Eigenschaft des schwefelhaltig. Roheisens.

Nach Karsten wird die Festigkeit des Roheisens durch einen Gehalt von 0,4 Proc. Schwefel kaum vermindert; während ein geringer Schwefelgehalt sogar eine erhöhte Festigkeit desselben zur Folge haben soll. Ein solches Eisen, welches sich überdies — gleich dem phosphorhaltigen Roheisen — durch Leichtflüssigkeit auszeichnet, würde daher zur Anfertigung von Gußwaaren eher zu empfehlen als zu vermeiden seyn, wenn hierbei nicht ein übler Umstand in Betracht käme. Das schwefelhaltige Roheisen geht vor seiner völligen Erstarrung in einen dickflüssigen Zustand über, in welchem sich leicht Höhlungen und Blasenräume (zum Theil wahrscheinlich in Folge der Einwirkung von Feuchtigkeit auf Schwefeleisen) in ihm bilden, was ein mangelhaftes Gelingen der Gußstücke nach sich zieht. Da nun auch das zum Verfrischen dienende (weiße) Roheisen durch einen beträchtlichen Schwefelgehalt sehr schwierig zu behandeln wird, so muß das Bestreben des Eisenhüttenmannes in allen Fällen auf die Erzeugung eines möglichst schwefelarmen Roheisens gerichtet seyn. Um Mittel hierzu ausfindig zu machen, ist es nothwendig,

sich die Art der Entstehung des schwefelhaltigen Roheisens beim Hohofen-Processe klar zu machen, oder, mit anderen Worten, den Gang einer schwefelhaltigen Beschickung durch den Ofenschacht zu verfolgen.

Hergang bei Verschmelzung v. schwefelhalt. Beschickung.

In der Reduktions- und Kohlungszone bildet sich schwefelhaltiges Eisen auf ganz analoge Weise wie phosphorhaltiges; auch wird die Kohlung desselben zum Theil ganz durch die nämlichen Umstände wie bei letzterem erschwert. Beim schwefelhaltigen Roheisen kommt aber noch ein wichtiger, die Kohlung sehr beeinträchtigender Umstand hinzu, welcher eine Folge des soeben angegebenen Verhaltens zwischen Schwefel und Roheisen ist. Während nämlich sowohl flüssiges siliciumhaltiges als phosphorhaltiges Eisen bei hinreichender Temperatur noch beträchtliche Mengen von Kohlenstoff aufnehmen und bei langsamem Erkalten als Graphit wieder abscheiden, zeigt das schwefelhaltige Roheisen auch unter solchen Umständen nur eine sehr geringe Tendenz zur Kohlung. Die Auflösung der Kohle im schwefelhaltigen Eisen wird in dem Maße geradezu verhindert, als der Schwefelgehalt desselben beträchtlich ist. Aus diesem Grunde passirt solches Eisen den Schmelzraum, ohne seinen ursprünglich schon geringen Kohlegehalt erheblich zu vergrößern, gelangt als kohlearmes schwefelhaltiges Eisen in den Heerd und erstarrt später als weißes kohlearmes Roheisen. In dem oberen Theile der Oxydationszone — da, wo sich bereits ein beträchtlicher Theil der, durch unmittelbare Einwirkung der Gebläseluft auf die Kohle erzeugten, Kohlensäure zu Kohlenoxydgas umgewandelt hat — erleidet jedoch der Schwefelgehalt des Eisens eine Veränderung, welche, obgleich nicht beträchtlich, gleichwohl von Wichtigkeit für die Theorie des Hohofenprocesses ist. Ebelmen*) fand bei der Untersuchung der Hohofengase von Pont l'Evêque, daß dieselben zwischen Kohlensack und Gicht keine Spur weder von Schwefelwasserstoff, noch von schwefliger Säure enthielten. Dagegen gaben die Verbrennungs-Produkte dieser Gase eine Reaktion auf schweflige Säure, obwohl eine so schwache, daß eine quantitative Bestimmung nicht möglich war. Hieraus schloß Ebelmen auf das Vorhandensein einer sehr geringen Menge Schwefelkohlenstoff. Diese schien aber jedenfalls nicht im Verhältnisse zu dem bedeutenden Schwefelgehalte der als Brennmaterial angewendeten Kohks zu stehen; folglich mußte der bei weitem größte Theil dieses Schwefels in's Roheisen und in die Schlacke übergegangen seyn. Als Ebelmen aus demselben Hohofen Gase aus der Formgegend — ungefähr 1 Fuß über dem Form-Niveau — ableitete, zeigten diese eine sehr deutliche Reaktion auf Schwefelwasserstoffgas. Daß letzteres sich durch Einwirkung des mit der Gebläseluft (als hygroskopische Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft) einströmenden Wasserdampfes auf die in der Beschickung vorhandenen Schwefelmetalle, besonders aber auf das schwefelhaltige Eisen,

Schwefelgehalt der Hohofengase.

Schwefel-Kohlenstoff in den Hohofengasen.

*) Ann. d. mines, 4 sér. t. 3, p. 5. Berg- u. hüttenm. Ztg. Bd. 3, S. 1071.

gebildet hatte, kann keinem Zweifel unterliegen. Wo bleibt aber dies im oberen Theile der Oxydations- — und wohl auch im unteren Theile der Schmelz- — Zone erzeugte Schwefelwasserstoffgas, da es sich in den Gasen des Kohlensacks nicht mehr vorfindet? Aller Wahrscheinlichkeit nach wird es theils durch metallisches, theils durch noch nicht vollkommen reducirtes Eisen, theils aber auch durch den als Zuschlag angewendeten Kalk zerlegt, so daß sich Schwefeleisen, Schwefelcalcium, Wasserstoff und Wasser bilden. Man sieht daher ein, wie durch diesen in der Oxydationszone eingeleiteten Proceß ein Theil des Schwefels aus dem Roheisen entfernt und, wenn das Schlackenmaterial hinreichend kalkhaltig ist, in die Schlacke übergeführt wird, indem das gebildete Schwefelcalcium mit den Schlackensilicaten zusammenschmilzt.

Kalkzuschlag bei schwefelhaltiger Beschickung.

Daß Kalkzuschläge zur Abscheidung von Schwefel aus einer schwefelhaltigen Hohofenbeschickung dienen können, ergiebt sich unmittelbar aus dem Gesagten; ebenso aber, daß dieselben, wegen jener indirekten Wirkung, keineswegs als ein in allen Fällen ausreichendes Mittel in dieser Beziehung anzusehen sind. Man hat hierbei wohl zu unterscheiden, ob der Schwefelgehalt einer Beschickung hauptsächlich im Erze selbst, oder in der dasselbe begleitenden Gebirgsart, oder im Brennmaterial enthalten ist. Im ersteren dieser Fälle nützen Kalkzuschläge in geringerem Grade als in beiden letzteren, weil sie erst zur Wirkung gelangen, nachdem sich bereits Schwefeleisen gebildet hat, und weil von diesem kaum beträchtlich mehr zerlegt wird, als in der Oxydationszone auf oben angegebene Art geschieht. Der in der Gebirgsart und der im Brennmaterial enthaltene Schwefel wird dagegen, wenn es nicht an Kalkerde mangelt, großentheils als Schwefelcalcium direkt in die Schlacke geführt. Eine solche schwefelcalciumhaltige Schlacke besitzt, nach der Erfahrung einiger Metallurgen, die Eigenschaft, andere Schwefelmetalle (Schwefeleisen, Schwefelmangan u. s. w.) im Verhältnisse ihres Schwefelcalcium-Gehaltes aufzulösen. Zur Begünstigung dieser Schwefelaufnahme darf die Schlacke natürlich keine höher silicirte seyn, sondern muß sich in ihrer Zusammensetzung möglichst einem Singulo-Silicate nähern.

Anwendung v. Wasserdämpfen b. schwefelhaltig. Beschickung.

Die gedachte Einwirkung der Wasserdämpfe auf schwefelhaltiges Roheisen bei hoher Temperatur legt es nahe, sich derselben bei der Verschmelzung schwefelhaltiger Beschickungen in verstärktem Maße zu bedienen. Wenn schon die geringe Quantität Wasserdampf, welche unter gewöhnlichen Umständen in der Atmosphäre enthalten ist, eine erkennbare Abscheidung von Schwefel aus dem geschmolzenen Roheisen bewirkt, so muß dies bei einer künstlichen Vermehrung des Feuchtigkeitsgehaltes der Gebläseluft in höherem Grade der Fall seyn. Daß durch Anwendung eines mit Wasserdämpfen geschwängerten Windes eine Temperatur-Erniedrigung im Hohofen eintritt (Bd. I, S. 524), kann die Anwendung dieses Mittels nicht verhindern, da wir die Menge der Wasser-

dämpfe in unserer Gewalt haben und überdies die dadurch bewirkte Temperatur-Verminderung mittelst erhitzter Gebläseluft wieder aufheben können. Von der Wirksamkeit unseres Mittels aber giebt ein schon vor einer Reihe von Jahren von Eck auf der Königshütte in Oberschlesien angestellter Versuch*) das beste Zeugniß. Es sollte damals auf diesem Hüttenwerke der Einfluß der Wasserdämpfe auf die Ofentemperatur untersucht werden. Zu dem Ende wurde aus einem mit Wasser gefüllten Reservoir eine metallene Röhre bis in die Form, unmittelbar über die Düse geleitet. Vermittelst eines an dieser Röhre angebrachten Hahnes konnte man die Menge des ausfließenden Wassers beliebig verändern. Das herabtropfende Wasser wurde, noch ehe es den Boden der Form erreichte, von dem heißen Winde in Dampf verwandelt und als solcher in den Hohofen geführt. Eck fand, daß bei einem pro Stunde verbrauchten Wasser-Quantum von 1/2 Cub.-Fuß durchaus keine merkliche Temperatur-Abnahme im Schachtraume stattfand, ja daß sich sogar eine etwas (ungefähr um 6 1/2 Proc.) vermehrte tägliche Roheisen-Produktion herausstellte. Sobald man aber jene Wassermenge erheblich vermehrte, trat in demselben Grade ein Sinken der Temperatur ein, und bei 1 1/2 Cub.-Fuß Wasserverbrauch pro Stunde wurde weißes Roheisen erhalten. Das bei jener geringeren Wassermenge erblasene Roheisen war dagegen völlig grau, besaß alle Eigenschaften eines ungewöhnlich schwefelfreien Roheisens und lieferte beim Verfrischen ein Stabeisen von ganz vorzüglicher Qualität. Der Hohofen auf Königshütte, in welchem diese Versuche angestellt wurden, hatte eine Capacität von etwa 1800 Cub.-Fuß Rheinl., und wurde mit Kohks betrieben, die aus ziemlich viel Schwefelkies bei sich führenden Steinkohlen gewonnen waren**). — Auch die auf der Silbernaaler Hütte am Harz ange-

*) Das Nähere über diesen interessanten Versuch habe ich bereits im 2ten Bande von Liebig, Poggendorff und Wöhler's Handwörterbuch der Chemie (1842), S. 726 unter dem Artikel »Eisen« mitgetheilt.

**) In Karsten's Eisenhüttenk., Bd. 1, S. 594, findet man folgende drei Roheisen-Analysen (10, 11 und 12) angeführt:

	Graphit.	Chem. geb. Kohle.	Schwefel.
R. von Königshütte . . .	3,043	0,572	0,0027
R. von ebendaher	3,3145	0,4885	0,0331
R. von ebendaher	3,6026		0,01818

Alle drei Sorten Roheisen waren aus Brauneisenstein erblasen, die erste bei kaltem Winde, die zweite bei heißem Winde und die dritte bei heißem Winde und Wasserdämpfen. Daß die Anwendung letzterer eine Verminderung des Schwefelgehaltes im Roheisen bewirkte, ersieht man aus der Vergleichung der dritten Analyse mit der zweiten. Zugleich aber ergiebt sich, daß das bei kaltem Winde erblasene Roheisen am wenigsten Schwefel enthält. Die Anwendung der Wasserdämpfe wäre hiernach also nur in dem Falle anzurathen,

stellten Frisch-Versuche mit Wasserdämpfen *) haben ein Resultat ergeben, welches die vortheilhafte Einwirkung der letzteren auf schwefelhaltiges Eisen bei hoher Temperatur bestätigt. In allen diesen Erfahrungen dürfte wenigstens eine Aufforderung zur weiteren Verfolgung dieses Gegenstandes liegen.

Einige Eisenerze, wie besonders gewisse Spath- und Brauneisensteine, besitzen einen beträchtlichen Mangan-Gehalt. Bei der Verschmelzung solcher Erze im Hohofen geht ein Theil dieses Mangans in die Schlacke, ein anderer Theil in das Roheisen. Da das manganhaltige Roheisen (bis gegen 7 Proc. Mangan) in keiner Beziehung weniger gute Eigenschaften besitzt, als das manganfreie, ja selbst bei seiner Anwendung zur Stabeisenfabrikation gewisse Vortheile gewährt, so kann von keinen Mitteln die Rede sein, welche die Verminderung eines Mangangehaltes im Roheisen bezwecken. Mangan.

Das Manganoxydul ist bekanntlich schwieriger reducirbar als das Eisenoxydul. Aus diesem Grunde wird bei einer manganhaltigen Beschickung das Manganoxydul fast unverändert aus der Reduktionszone in die Kohlungszone übergehen, und ein Theil desselben sogar in die Schmelzzone gelangen. Hier und theilweise auch schon in der Kohlungszone wird eine Verschlackung des Manganoxyduls vor sich gehen und dadurch eine Schlacke gebildet werden, die sich durch ihre Leichtflüssigkeit auszeichnet. Diese Eigenschaft des Manganoxyduls, ein leichtflüssiges Silikat zu bilden und dadurch den Schmelzpunkt der gesammten Schlackenmasse verhältnißmäßig zu erniedrigen, ist der Grund, warum die manganhaltigen Eisenerze sich vorzugsweise zur Verschmelzung bei niedriger Temperatur und also zur Bildung von weißem Roheisen eignen. Will man Spiegeleisen daraus erzeugen, so setzt dies zugleich ihre Reinheit in Bezug auf einen Phosphor- und Schwefelgehalt voraus. Ein solcher ist aber in den Spatheisensteinen selten in beträchtlicher Menge vorhanden; und folglich sind, im Allgemeinen, die Spatheisensteine die geeignetsten Erze zur Produktion von Spiegeleisen. Die früher bei den Metallurgen verbreitete Vorstellung, daß der Mangangehalt der Erze direkt auf die Erzeugung von Spiegeleisen hinwirke, indem das Mangan die chemische Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Eisen befördere und dauernder mache, ist jetzt wohl ziemlich allgemein aufgegeben.

Erst in neuerer Zeit ist man darauf aufmerksam geworden, daß auch der Arsenik, wenn auch meist nur in sehr geringer Menge, als Bestandtheil vieler Hohofenbeschickungen auftritt. Daß einige Eisenerze, wie namentlich Magneteisenstein, mitunter etwas Arsenikkies bei sich führen, ist schon eine ältere Erfahrung; ebenso, daß manche Schwefelkiese arsenikhaltig sind. Daß Arsenik.

wenn man genöthigt ist, durch heiße Gebläseluft auf eine erhöhte Produktion hinzuarbeiten.

*) Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 1, S. 326.

aber Brauneisensteine, Gelbeisensteine und überhaupt die als neuere neptunische Gebilde zu betrachtenden Eisenerze häufig kleine Mengen von Arsenik — als arseniksaure Salze, besonders arseniksaures Eisenoxyd — bei sich führen, ist eine Thatsache, auf welche man zuerst durch die von Walchner darüber angestellten Versuche geführt worden ist. Wenn es nun ferner seine Richtigkeit hat, daß, nach Stein's Beobachtungen *), sogar in den Holzkohlen Spuren von Arsenik vorkommen, so würde man allerdings ein sehr verbreitetes Vorkommen des Arseniks in den Hohofen-Beschickungen annehmen müssen. Hiernach ließe sich dann ein eben so häufiges, wenigstens spurenweises Auftreten des Arseniks im Roheisen erwarten. Aeltere Analysen bestätigen dies eben nicht; allein Wöhler **) hat gezeigt, daß ein geringer Arsenikgehalt des Roheisens leicht übersehen werden kann, da derselbe unter gewissen Umständen in dem von Säuren ungelösten kohligen Rückstande bleibt, also in der Solution vergebens gesucht wird. Zugleich gelang es Wöhler, durch genaue Untersuchungen Arsenik in den Roheisensorten von vier verschiedenen Hüttenwerken nachzuweisen. Ferner hat Schafhäutl ***) zu zeigen gesucht, daß sogar in dem berühmten, vorzugsweise zur Cementstahlbereitung angewendeten schwedischen Stabeisen von Dannemora eine kleine Menge (0,017 Proc.) Arsenik enthalten sey. Größere Mengen von Arsenik, bis zu 4,08 Proc., fand Berthier in dem französischen weißen Roheisen von Alais, welches ohne Zweifel aus arsenikkiesreichen Erzen erblasen wurde.

Nach Allem, was man bis jetzt über das Verhalten des arsenikhaltigen Roheisens weiß, gewinnt es den Anschein, daß dasselbe hinsichtlich seiner Eigenschaften dem phosphorhaltigen Roheisen an die Seite zu setzen sey. Geringe Mengen von Arsenik dürften daher nicht zu den schädlichen Beimengungen des Roheisens gehören.

Ebenso ist das Verhalten einer arsenikhaltigen Beschickung bei ihrem Niedergange im Ofenschachte wahrscheinlich ganz analog dem einer phosphorhaltigen; und man kann annehmen, daß so gut wie der ganze Arsenikgehalt derselben in's Roheisen übergeht.

Aluminium, Calcium u. s. w. Mehrere Chemiker haben bei der Analyse einzelner Roheisensorten kleine Mengen und Spuren von Aluminium, Calcium, Magnesium und Baryum gefunden. Obwohl es möglich ist, daß einige solche Angaben auf Irrthümern beruhen, so läßt sich dies doch kaum bei allen annehmen. Die größte Quantität von Aluminium, welche bisher in einem Roheisen aufgefunden wurde, beträgt 1,01 Proc.; sie ist nach Schafhäutl's Analyse in einem grauen französischen Roheisen (Bd. I, S. 581) enthalten. Karsten

*) Polytechn. Centralbl. 1850, S. 1281.

**) Wöhl. u Lieb. Ann. d. Pharm. Bd. 31, S. 95.

***) Prechtl's Technolog Encyklopäd. Bd. 15, S. 376.

ist der Meinung, daß so bedeutende Quantitäten von Aluminium oder anderer Erdenmetalle gewiß nicht günstig auf die Eigenschaften des Roheisens wirken, und namentlich dessen Festigkeit bedeutend beeinträchtigen. — Zur Aufnahme der Erdenmetalle in das Roheisen dürfte sich namentlich in solchen Hohöfen Gelegenheit bieten, welche bei sehr hoher Temperatur und mit einer Beschickung betrieben werden, die eine niedrig silicirte (Singulo-Silicat-) Schlacke giebt.

Kupfer wird nicht selten im Roheisen angetroffen; doch hat man bis jetzt nie eine 0,2 Proc. übersteigende Quantität darin nachweisen können. In so geringer Menge ist es jedenfalls kein schädlicher Bestandtheil des Roheisens. Nur wenn letzteres zur Stabeisenfabrikation verwendet werden soll, ist, nach Karsten, ein Kupfergehalt von schädlichem Einflusse. Kupfer.

Obwohl zinkhaltige Eisenerze nicht selten verschmolzen werden, so haben sich in dem daraus erzeugten Roheisen doch nie mehr als Spuren dieses Metalles auffinden lassen; dagegen entweichen unter solchen Umständen Zinkdämpfe aus dem Gestell und der Gicht des Ofens, und geben sich durch die Beschaffenheit der Tümpel- und Gichtflamme zu erkennen. — Eisenerze, welche Kupfer und Zink zugleich enthalten, dürften einer besonderen Beachtung verdienen. Bazie *) empfiehlt eine Legirung von 99 Gwthl. Roheisen und 1 Gewthl. Messing wegen ihrer Härte zu Pumpenkolben und überhaupt Maschinentheilen, welche einer starken Reibung unterworfen sind. Versuche auf der Gleiwitzer Hütte in Oberschlesien haben die guten Eigenschaften dieser Legirung bestätigt. Zink.

Nach allen bisherigen Erfahrungen scheint das Roheisen durchaus keine Neigung zu besitzen, selbst nur eine Spur Blei aufzunehmen. Bei der Verschmelzung bleihaltiger Beschickungen ist also, wenn der Bleigehalt nicht so beträchtlich ist, daß er den Hohofenproceß in anderer Beziehung stört, kein nachtheiliger Einfluß auf das ausgebrachte Roheisen zu befürchten. Blei.

Vanadin, Molybdän und Titan sind in einigen Roheisensorten in sehr geringer Menge aufgefunden worden. Daß das Titan nicht in bedeutenderer Quantität darin vorkommt, obgleich Eisenerze von beträchtlichem Titangehalt nicht selten verschmolzen werden, beweist die schwache Verwandtschaft beider Metalle zu einander, die durch den Kohlegehalt des Roheisens noch vermindert wird. Wie schon oben erwähnt, scheidet sich das Titan im Hohofen — besonders im Gestell- und Rastraume — als jener merkwürdige Körper aus, in welchem Wöhler eine Verbindung von Cyantitan mit Stickstofftitan $= Ti\,Cy + 3\,Ti^3\,N$ erkannte. — Es ist eine alte Erfahrung, daß die Schmelzbarkeit einer Hohofenbeschickung mit dem Titangehalt derselben abnimmt. Dies erklärt sich zum Theil daraus, daß das titanhaltige Eisen sich in der Kohlungszone schwieriger kohlt, also eines höheren Hitzgra- Vanadin, Molybdän und Titan.

*) Karsten's Arch. Bd. 8, S. 196.

des zu seiner Schmelzung bedarf, um so mehr, als sich ein Theil des strengflüssigen Titans im Roheisen auflöst und sich erst beim Erkalten des letzteren wieder daraus abscheidet. Auf eine solche Abscheidung scheint es wenigstens hinzudeuten, daß man bei Verschmelzung titanreicher Beschickungen im erstarrten Roheisen nicht selten kleine Partien von Cyan-Stickstofftitan findet.

Stickstoff. Wenn das Eisen Neigung besäße, sich mit dem Stickstoff bei höherer Temperatur chemisch zu verbinden, so böte sich im Innern eines Hohofens anscheinend dazu eine sehr gute Gelegenheit, indem hier ein stickstoffreicher Gasstrom fortwährend sowohl mit reducirtem ungeschmolzenen als geschmolzenen Eisen in Berührung ist. Wahrscheinlich würde sich auch unter diesen Umständen ein stickstoffhaltiges Eisen bilden, wenn der zunehmende Kohlegehalt des Eisens eine solche Verbindung nicht verhinderte und wieder aufhöbe. Kohlefreies oder kohlearmes Eisen in einem Strom von Ammoniakgas geglüht, nimmt Stickstoff auf. So erhielt Despretz *), nach 6—8stündiger Behandlung von glühendem Eisen in einem völlig wasser- und kohlensäurefreien Strome von Ammoniakgas, eine 7—11,5 Proc. betragende Gewichtszunahme des ersteren, und überzeugte sich, daß dieselbe von aufgenommenem Stickstoff herrühre. Dieses Stickstoffeisen scheint aber nicht bloß durch die Einwirkung von Kohlenstoff bei höherer Temperatur, sondern auch schon durch letztere allein wieder zersetzt zu werden. — Schafhäutl's älteren Angaben **), daß einige von ihm untersuchte Roheisensorten 0,58 — 1,20 Proc. Stickstoff enthielten, stehen die neueren Untersuchungen Marchand's ***) entgegen, nach welchen in keiner der betreffenden Roheisen- und Stahlsorten ein Stickstoffgehalt entdeckt werden konnte. Zugleich that Marchand dar, daß die anscheinend gute Methode, einen Stickstoffgehalt des Eisens durch Zusammenschmelzen desselben mit Kalium (durch Bildung von Berliner Blau) nachzuweisen, nur dann zu einem richtigen Resultate führen kann, wenn dabei die atmosphärische Luft gänzlich von einer Einwirkung ausgeschlossen wird, indem sonst eine Cyanbildung auf Kosten des Stickstoffs der Luft stattfindet †).

*) Ann. d. Chim. et Phys. T. 42, p. 122. Auch Pogg. Ann. Bd. 17, S. 296.

**) Prechtl's Encyklopäd. Bd. 15, S. 364.

***) Erdm. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 49, S. 351.

†) In neuester Zeit hat Buff (Wöhl. u. Lieb. Ann. Neue Reihe, Bd. 7, S. 375) die chem. Zusammensetzung eines von ihm analysirten, aus Rasenerz dargestellten Roheisens mitgetheilt, und dabei einen Stickstoffgehalt von 0,26 Proc. angegeben. Er bediente sich hierbei einer besonderen Methode zur Bestimmung des Stickstoffs.

4) Von den Ursachen der verschiedenen Temperatur und relativen räumlichen Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen und den dadurch hervorgebrachten Wirkungen.

Die in den verschiedenen Ofenzonen (S. 12) vor sich gehenden chemischen Processe, welche nach einander auf die von der Gicht bis zum Heerde niedersinkende Beschickung einwirken, metamorphosiren das starre Erz zu flüssigem Roheisen, dessen chemische und physische Beschaffenheit großentheils von den Einflüssen bedingt wird, denen die Beschickung auf diesem ganzen Umwandlungswege ausgesetzt war. Unter diesen Einflüssen aber spielt die verschiedene Temperatur und relative räumliche Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen in verschiedenen Hohöfen — oder in einem und demselben Hohofen bei verändertem Betriebe — eine der wichtigsten Rollen.

Allgemeine Betrachtung dieser Ursachen.

Suchen wir uns zuerst die Ursachen klar zu machen, welche eine verschiedene Temperatur in gleichnamigen Ofenzonen hervorzubringen vermögen. Die Wärmequelle, welche das Innere eines im Betriebe stehenden Hohofens unausgesetzt mit neuen Wärmemengen versorgt, liegt in der Verbrennungszone. Von hier aus durchströmt ein aufwärts steigender heißer Gasstrom die übrigen Ofenzonen und theilt seine Wärme den Schichten des Brennmaterials und der Beschickung mit. Die ganze Masse der letzteren bewegt sich — als wärmeabsorbirende, allmälig an ihrem unteren Ende verzehrte, oben aber wieder nachwachsende Säule — diesem erhitzenden Gasstrome langsam entgegen und wirkt auf solche Weise abkühlend nach unten, während der Gasstrom erwärmend nach oben wirkt. Jede Temperatur-Veränderung in der Verbrennungszone pflanzt sich daher aufwärts bis zur Gicht fort, und jede Temperatur-Veränderung in irgend einer der anderen Zonen sowohl aufwärts als niederwärts. Diese Fortpflanzung lokaler Steigerung oder Abnahme der Temperatur geschieht — weil die Bewegung des Gasstromes eine weit schnellere ist, als die der Brennmaterial- und Beschickungssäule — nach oben ungleich schneller und merklicher, als nach unten. Eine Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur in der Vorwärmzone macht ihren Einfluß zwar allmälig bis in die unteren Theile des Ofenschachtes geltend, aber in sehr abnehmendem Maße, während eine Veränderung im Hitzgrade der Schmelzzone sich in kurzer Zeit nach oben verbreitet, und sich deutlich bis in die Vorwärmzone zu erkennen giebt.

Ursachen d. verschiedenen Temperaturen gleichnam. Ofenzonen.

Wir haben daher die Ursachen, welche eine verschiedene Temperatur gleichnamiger Ofenzonen bewirken, theils in der variablen Temperatur der Verbrennungszone, theils in der mehr oder weniger abkühlenden (wärmeabsorbirenden) Wirkung der Beschickungs- und Brennmaterialsäule zu suchen. Indem wir uns gewisse Abschnitte aus den Lehren von den Brennmaterialien und

Wärmebeförderungsmitteln, wie sie im ersten Theile dieses Werkes abgehandelt wurden, in's Gedächtniß zurückrufen, ergeben sich als derartige Ursachen hauptsächlich folgende:

Beschaffenheit des Brennmaterials. 1) Beschaffenheit des Brennmaterials. Je höheren pyrometrischen Wärme-Effekt das betreffende Brennmaterial besitzt (je kohlenstoffreicher und dichter die Kohlen sind), desto mehr wird die Temperatur in der Verbrennungszone gesteigert werden. Eine Zusammenstellung der pyrometrischen Wärme-Effekte verschiedener Brennmaterialien ist in den Tabellen XV und XVI (Bd. I, S. 374 und 378) gegeben worden. Von dem Einfluß der Feuchtigkeit und des Zerkleinerungsgrades, sowie von der Wärme-Capacität der Brennmaterialien auf die Ofentemperatur wird weiter unten (s. Beschaffenheit der Beschickung) die Rede seyn.

Relative Menge des Brennmaterials. 2) Relative Menge des Brennmaterials. Da die durch Verbrennung des Brennmaterials entwickelte Wärme zur Schmelzung und überhaupt zur chemischen Verarbeitung der Beschickung verwendet wird, so ist es klar, daß die mittlere Temperatur, welche in jeder Ofenzone herrscht, von der relativen Gewichtsmenge des Brennmaterials (im Verhältniß zur Beschickung) abhängig seyn muß. In der — ganz mit Kohle angefüllten — Verbrennungszone wird sich diese Wirkung nicht direkt äußern, wohl aber in den anderen Zonen, in welchen eine in der chemischen Verarbeitung befindliche Beschickung wärmeabsorbirend wirkt und dadurch auch auf die Temperatur der Verbrennungszone influirt, indem hier eine um so weniger vorgewärmte Kohle zur Verbrennung gelangt, je größer jene Wärme-Absorption ist (Bd. I, S. 475).

Beschaffenheit d. Gebläseluft. 3) Beschaffenheit der Gebläseluft. Pressung und Erhitzung der Gebläseluft erhöhen den pyrometrischen Wärme-Effekt (Bd. I, S. 453 und 477). Eine Gebläseluft, welche Wasserdampf (hygroskopische Feuchtigkeit), Kohlensäure oder andere dergleichen Beimengungen enthält, vermag keinen so hohen Hitzgrad zu erzeugen, wie eine von solchen Beimengungen freie.

Relative Menge d. Gebläseluft. 4) Relative Menge der Gebläseluft. Auf welche Art hierdurch der Hitzgrad erhöht wird, ist Bd. I, S. 464 gezeigt worden. Weder die Menge, noch die Pressung des in einen Ofen eingeblasenen Windes ist jedoch bloß von derjenigen Menge und Pressung abhängig, welche sich auf die unmittelbar aus der Düse kommende Gebläseluft bezieht, sondern auch die Größe der Formöffnung und die Lage der Düse sind hierbei zu berücksichtigen. Es ist nämlich einleuchtend, daß die im Gestell eines Hohofens befindlichen Gase, welche hier durch die unausgesetzte Thätigkeit des Gebläses in einem gewissen Grade der Compression erhalten werden, sich in einem desto weniger comprimirten Zustande befinden, je mehr ihnen Gelegenheit zu einem theilweisen Entweichen aus der Form geboten wird. Je größer die Querschnitts-Differenz zwischen der Düsenmündung und Formöffnung, je mehr offener

Raum also für das Zurückschlagen des Windes — oder das Entweichen der Gase — bleibt, desto geringer wird die Compression im Gestell seyn, und desto weniger lebhaft wird das Aufwärtsströmen der Ofengase vor sich gehen. Ferner ist diese Lebhaftigkeit des Aufströmens auch von der Entfernung abhängig, in welcher sich Düsenmündung und Formöffnung von einander befinden (Bd. I, S. 449). Es kann daher Hohöfen geben, deren Gebläse gleich stark gepreßte und relativ gleich große Windmengen liefern, ohne daß hierdurch gleiche Wirkungen ausgeübt werden. Nur durch eine geschlossene Form (d. h. geschlossenen Raum zwischen Düse und Form) läßt sich die volle Wirkung erreichen. Auf einigen englischen Eisenhüttenwerken (z. B. Gartsherrie-Ironworks in Schottland, Ystalyfera-Ironwork bei Swansea) bedient man sich derartiger Formen.

5) Beschaffenheit der Beschickung. Wir haben hierbei sowohl die Beschaffenheit der Erze als die der Zuschläge in's Auge zu fassen. Erze, welche in feuchtem, ungeröstetem Zustande auf die Gicht gegeben werden, deprimiren die Temperatur im Ofenschachte, indem die sich aus ihnen entwickelnden Gasarten und Dämpfe Wärme binden, und dadurch eine Abkühlung bewirken, welche sich zunächst in der Vorwärm- und — im Fall schwerer auszutreibende flüchtige Stoffe vorhanden sind — in der Reduktionszone äußert, sich von hier aus aber, in mehr oder weniger abnehmendem Maße, durch den ganzen Ofenschacht verbreitet. Ein Gleiches gilt von den Zuschlägen. Bedient man sich als eines solchen des Kalksteins, so zieht die in der Reduktionszone vor sich gehende Austreibung der Kohlensäure eine entsprechende Abkühlung des Ofens nach sich, welcher Uebelstand bei Anwendung von gebranntem Kalk vermieden wird. Feuchtes Brennmaterial hat in dieser Beziehung natürlich dieselbe Wirkung, wie eine feuchte Beschickung. Der Zerkleinerungsgrad der Beschickung (das Volum der einzelnen Stücke derselben) übt einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Ofen-Temperatur aus. Wird die Beschickung in sehr kleinen Stücken, zum Theil vielleicht sogar in pulverförmigem Zustande angewendet, oder besitzt ihre Masse so wenig Festigkeit, daß sie in den unteren Theilen des Ofenschachtes von der darauf lastenden Beschickungs- und Brennmaterial-Säule zu Pulver zerdrückt wird, so wird dadurch der aufsteigende Gasstrom, welcher die in der Verbrennungszone erzeugte Wärme den anderen Zonen zuführen soll, mehr oder weniger auf seinem Wege zur Gicht gehemmt, durchströmt nicht alle Theile des Ofeninnern gleichmäßig, sondern sucht sich vielleicht sogar einen Ausweg aus dem Gestell des Ofens. Im letzteren Falle bemerkt man ein Zurückschlagen des Windes aus den Formen und eine starke Tümpelflamme. Die unmittelbare Folge dieses abnormen Weges der Ofengase ist ein geringerer und zugleich ungleichförmiger Hitzgrad in den verschiedenen Zonen. Derselbe Uebelstand tritt bei Anwendung eines zu wenig festen — zu leicht zerdrückbaren — Brennmaterials, wie z. B.

Beschaffenheit d. Beschickung.

schlechte Holzkohle, ein. — Bei der Beschaffenheit des Brennmaterials und der Beschickung kommt auch die Wärme-Capacität (specifische Wärme) derselben in Betracht. Der ganze, aus diesen Substanzen bestehende Inhalt des Ofens muß durch die aufsteigenden heißen Gase allmälig bis fast zum Schmelzpunkte des Roheisens erhitzt werden. Daß dies um so leichter geschieht, je geringer die Wärme-Capacität der betreffenden Stoffe ist, ergiebt sich von selbst. Es verdienen daher folgende Daten Berücksichtigung.

	Wärme-Capacität.
Eisenoxyd	0,165
Eisenoxydoxydul	0,168
Quarz	0,188
Feldspath	0,191
Stahl	0,118
Eisen	0,114
Kohk	0,201
Holzkohle	0,242
Asche der Brennmaterialien	0,200

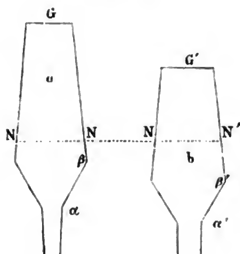
Wir ersehen daraus, daß die specifische Wärme der Brennmaterialien größer ist als die der Beschickung, und die der Holzkohlen größer als die der Kohks. Letztere wirken also weniger wärmeabsorbirend auf den heißen Gasstrom und erlangen eher eine gewisse Temperatur als Holzkohlen; sie werden daher auch in einem mehr vorgewärmten Zustande in die Verbrennungszone gelangen. Ferner ergiebt sich das nicht uninteressante Resultat, daß ein und dieselbe Beschickung desto mehr Wärme absorbirt, also die Temperatur in den oberen Ofenzonen **verhältnißmäßig** um so **niedriger** erhält, je mehr **Brennmaterial** zu ihrer Verschmelzung angewendet wird. Natürlich aber wird diese niedere Temperatur der oberen Ofenzonen durch den, in Folge des größeren Brennmaterial-Quantums, erhöhten Hitzgrad im unteren Theile des Ofens mehr als aufgehoben.

Beschaffenheit des Ofens.

6) **Beschaffenheit des Ofens.** In welcher Weise diese einen Einfluß auf die Ofentemperatur ausübt, ergiebt sich aus folgender Betrachtung. Man denke sich zwei gleichartige Beschickungen mit derselben Art und Menge Brennmaterial und unter Anwendung gleichgroßer und gleichgepreßter Windmengen in zwei Hohöfen von verschiedener Construktion verschmolzen. Zunächst wollen wir in letzterer Beziehung annehmen, daß der eine dieser Oefen *a* mit einem engeren Gestell als der andere *b* versehen sey. Da aus den Verbrennungszonen beider Oefen, zufolge der obigen Bedingungen, **gleiche** Quantitäten erhitzter Gase emporsteigen, so müssen dieselben in dem — engeren — Gestell des Ofens *a* eine größere Geschwindigkeit besitzen, als in dem — weiteren — des Ofens *b*. Während einer gegebenen Zeit wird daher eine gewisse Quantität Brennmaterial und Beschickung im Gestellraume

des Ofens a mit einer größeren Menge heißer Gase in Berührung kommen, und folglich stärker erhitzt werden, als im Gestellraume des Ofens b. Enge Gestellräume erhöhen also die Temperatur in der Schmelzzone. Ferner wollen wir uns vorstellen, daß zwei gleichartige Beschickungen unter den erwähnten Bedingungen in zwei Hohöfen von gleichem cubischen Inhalt, aber von verschiedenen Querschnitten und Höhen verschmolzen werden. Aus den eben angegebenen Gründen wird alsdann im engeren

Fig. 122.



und höheren Ofen a in irgend einem Niveau NN eine höhere Temperatur herrschen, als in einem correspondirenden Niveau $N'N'$ des Ofens b, während aus den Gichten G und G' die Gase mit gleicher Temperatur ausströmen. Folglich wird die Temperatur eines Hohofens durch einen engen Schachtraum in gewisser Beziehung erhöht. Beide specielle Sätze, in Betreff der Gestell- und Schachträume, lassen sich durch folgenden allgemeineren Satz zusammenfassen. In Hohöfen von verschiedener Construktion, aber gleicher Capacität, in denen die nämlichen Beschickungen unter gleichen Verhältnissen verschmolzen werden, verhalten sich die Temperaturen in gleichen Höhen über dem Form-Niveau annähernd umgekehrt wie die Schacht-Querschnitte an diesen Stellen. Genau ist dies, wie leicht einzusehen, nur dann der Fall, wenn der obere und der untere Rastwinkel α und β des einen Ofens diesen Winkeln α' und β' des anderen Ofens gleich sind, und wenn die Rast- und Gestellräume beider Oefen gleiche Höhe haben. — Ferner hat auch die Beschaffenheit der Ofenmauern Einfluß auf die im Ofen herrschende Temperatur. Eine Erniedrigung der letzteren wird veranlaßt durch undichte, feuchte, überhaupt durch zu sehr wärmeabsorbirende Ofenwände, sowie endlich durch Ableitung von Ofengasen (Gichtgasen) zu gewissen Zwecken. Je tiefer der Ort ist, wo irgend eine derartige Abkühlung hervorgebracht wird, desto größer ist ihre Wirkung. Die Ableitung der Ofengase, wenigstens aus tiefer liegenden Stellen, hat man daher in neuerer Zeit so gut wie gänzlich aufgegeben (Bd. I, S. 531).

Die richtige Auffassung des ganzen Hohofenprocesses ist wesentlich davon abhängig, daß man sich eine klare Einsicht in die Ursachen der verschiedenen Temperatur gleichnamiger Ofenzonen verschafft, und daß man diese Ursachen geordnet vor sich aufstellt. Wir können dieselben zunächst in zwei Hauptabtheilungen bringen, je nachdem sie eine Erhöhung oder Erniedrigung

der Temperatur zur Folge haben. Jede dieser Abtheilungen zerfällt alsdann in zwei Unterabtheilungen, indem wir berücksichtigen, ob die betreffende Temperatur-Veränderung sich hauptsächlich von unten nach oben (besonders von der Verbrennungszone nach der Gicht) oder umgekehrt von oben nach unten fortpflanzt. In solcher Weise gelangen wir zu folgender Gruppirung:

Zusammenstellung der Ursachen der Temperatur-Erhöhung.

A. Ursachen der Temperatur-Erhöhung.

a. Von unten aufwärts wirkend.

1) Brennmaterial von hohem pyrometrischen Wärme-Effekt (in Bezug auf den Zustand, in welchem es in der Schmelzzone anlangt).
2) Große relative Menge des Brennmaterials.
3) Stark gepreßte und erhitzte Gebläseluft.
4) Große relative Menge der Gebläseluft.
5) Reinheit der Gebläseluft.
6) Enger und hoher Ofen.

b. Von oben niederwärts wirkend.

1) Geröstetes und trocknes Erz.
2) Trockne Zuschläge; gebrannter Kalkstein.
3) Vollkommen verkohltes und trocknes Brennmaterial.
4) Richtiger Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung: feste Beschaffenheit derselben.
5) Fehlerfreie Beschaffenheit der Ofenmauern.
6) Nichtableitung von Ofengasen.

Zusammenstellung der Ursachen der Temperatur-Erniedrigung.

B. Ursachen der Temperatur-Erniedrigung.

a. Von unten aufwärts wirkend.

1) Brennmaterial von geringem pyrometrischen Wärme-Effekt.
2) Kleine relative Menge des Brennmaterials.
3) Schwach gepreßte und wenig erhitzte oder kalte Gebläseluft.
4) Kleine relative Menge der Gebläseluft.
5) Unreinheit der Gebläseluft.
6) Weiter und niedriger Ofen.

b. Von oben niederwärts wirkend.

1) Ungeröstetes und feuchtes Erz.
2) Feuchte Zuschläge; ungebrannter Kalkstein.
3) Unvollkommen verkohltes und feuchtes Brennmaterial.
4) Unrichtiger Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung: mürbe Beschaffenheit derselben.
5) Fehlerhafte Beschaffenheit der Ofenmauern.
6) Ableitung vo.. Ofengasen.

Ursachen d. verschiedenen Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen.

Aus der Thatsache, daß die Temperatur gleichnamiger Ofenzonen eine verschiedene seyn kann, ergiebt sich die variable räumliche Ausdehnung dieser Zonen schon aus dem Grunde, daß ja die Zonengrenzen großentheils von der Temperatur abhängig sind. Um dieses Verhältniß zur vollkommensten Anschauung zu bringen, wollen wir uns nacheinander folgende vier extreme Fälle denken; jedoch zur Vereinfachung der Betrachtung unter der vorläufigen Annahme, daß das Volum der Reduktionszone und die Beschaffenheit der Erze in allen vier Fällen dieselben bleiben.

Erster extremer Fall.

Erster Fall. Angenommen, daß bei einem Hohofen sämmtliche, in der vorstehenden Uebersicht sub A, a, 1 — 6 und sub A, b, 1 — 6 angeführte Ursachen der Temperatur-Erhöhung in Wirksamkeit seyen, so wird in Folge dieser Umstände in jedem Theile des Ofenschachtes der höchstmögliche Hitzgrad eintreten. In der Verbrennungszone wird sich derselbe auf das absolute Maximum steigern; es wird die Grenze zwischen der Schmelz- und Kohlungszone die größtmögliche Höhe über dem Form- (oder Heerd-) Niveau erreichen, und auch in Betreff der anderen Zonengrenzen eine ähnliche Erhöhung stattfinden. Die Volum-Vergrößerung der Verbrennungs- und Schmelzzone wird durch die Anwendung von Kohk oder Anthracit noch ganz besonders begünstigt, indem diese Brennmaterialien, vermöge ihrer größeren Dichtheit, einer schnellen Verzehrung durch die Gebläseluft weniger ausgesetzt sind, als die sehr porösen Holzkohlen. Es wird daher die Umwandlung der in der Verbrennungszone gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxyd langsamer vor sich gehen, und folglich die hierdurch bewirkte bedeutende Temperatur-Erniedrigung (S. 19) erst in einem höher liegenden Niveau eintreten. Während aber, durch diese Niveau-Erhöhung, die Kohlungs- und Reduktionszone nach oben rücken, kann dies nur auf Kosten der Vorwärmzone geschehen, deren Volum sich dadurch zum Minimum verkleinert. Der Haupteffekt aller jener wirkenden Ursachen ist also: Maximum-Volum der Verbrennungs- und Schmelzzone; Minimum-Volum der Vorwärmzone.

Zweiter extremer Fall.

Zweiter Fall. Eine Vorstellung entgegengesetzter Art, nämlich Annahme der Wirksamkeit aller sub B, a, 1 — 6 und sub B, b, 1 — 6 angeführter Ursachen der Temperatur-Erniedrigung, hat die entgegengesetzte Folge: Minimum-Volum der Verbrennungs- und Schmelzzone; Maximum-Volum der Vorwärmzone.

Dritter extremer Fall.

Dritter Fall. Als solchen können wir uns die gleichzeitige Thätigkeit der sub A, a, 1 — 6 angeführten aufwärts wirkenden Ursachen der Temperatur-Erhöhung und der sub B, b, 1 — 6 angeführten niederwärts wirkenden Ursachen der Temperatur-Erniedrigung vorstellen. Einerseits ist hier also Tendenz zur Erreichung des Maximum-Volums der Verbrennungs- und Schmelzzone, andererseits aber zugleich auch Tendenz zur Erreichung des

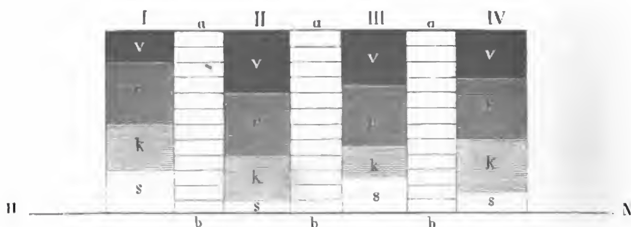
Maximum-Volums der Vorwärmzone vorhanden. Da nun, zufolge unserer Annahme, die Reduktionszone ihr Volum nicht verändert, so muß folglich das Minimum-Volum der Kohlungszone eintreten.

Vierter extremer Fall.

Vierter Fall. Als letzter extremer Fall bleibt nur die Umkehrung des vorigen übrig: gleichzeitige Thätigkeit der sub B, a, 1 — 6 angeführten aufwärts wirkenden Ursachen der Temperatur-Erniedrigung und der sub A, b, 1 — 6 angeführten niederwärts wirkenden Ursachen der Temperatur-Erhöhung. Daraus ergiebt sich: Tendenz zur Erreichung des Minimum-Volums der Verbrennungs- und Schmelzzone, sowie zugleich Tendenz zur Erreichung des Minimum-Volums der Vorwärmzone. Aus beiden folgt: das Maximum-Volum der Kohlungszone.

Zur Veranschaulichung jener vier Fälle dient folgende Figur.

Fig. 123.



I, erster Fall; II, zweiter Fall; III, dritter Fall; IV, vierter Fall. *v*, Vorwärmzone; *r*, Reduktionszone; *k*, Kohlungszone; *s*, Schmelz- und Verbrennungszone. Die ideale bildliche Darstellung veranschaulicht die höhere oder niedere Lage der verschiedenen Zonengrenzen über dem Heerd-Niveau *H N*. Die verschiedenen Zonenvolume — welche durch die Parallel-Linien *a b* gemessen werden — stehen natürlich nicht in dem richtigen Verhältniß zu einander, sondern wurden so gewählt, um die charakteristischen Unterschiede um so mehr in die Augen fallend zu machen. Man erblickt in:

I, das Maximum-Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* und das Minimum-Volum der Vorwärmzone *v*.

II, das Minimum-Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* und das Maximum-Volum der Vorwärmzone *v*.

III, das Minimum-Volum der Kohlungszone *k* (das Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* etwas unter dem Maximum).

IV, das Maximum-Volum der Kohlungszone *k* (das Volum der Schmelz- und Verbrennungszone *s* etwas über dem Minimum).

Denken wir uns die bei jedem unserer vier Fälle gemachten Bedingungen in ihrem ganzen Umfange zur Wirkung gelangt, bleibt also jene Annahme von dem sich gleichbleibenden Volum der Reduktionszone und der sich gleichbleibenden Beschaffenheit der Erze unberücksichtigt, so werden dadurch mancherlei Modifikationen des 2ten, 3ten und 4ten Falles hervorgebracht, welche zur Folge haben, daß die in Fig. 123 von diesen Fällen gegebenen bildlichen Darstellungen sich mehr oder weniger verändern. Lassen wir z. B. im 2ten Falle sämmtliche sub B, a, 1 — 6 und sub B, b, 1 — 6 angeführte Ursachen der Temperatur-Erniedrigung eintreten, so ist klar, daß das Volum der Reduktionszone größer werden muß als im ersten Falle; und zwar schon deswegen, weil die geringe relative Menge des Brennmaterials (B, a, 2) bewirkt, daß auf eine bestimmte Quantität Erz im 2ten Falle ein geringeres Quantum reducirender Gase kommt als im 1sten. Tritt aber noch ein unrichtiger (zu großer) Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung (B, b, 4.) hinzu, so wird von jener an und für sich schon geringen Quantität reducirender Gase ein noch geringerer Theil zur Wirkung gelangen, die Reduktionszone also noch mehr anwachsen. Und besteht endlich die Beschickung aus schwer reducirbaren Erzen, während sie im ersten Falle aus leichter reducirbaren bestand, so wird das Anwachsen der Reduktionszone in noch höherem Maße stattfinden. Die ganze Volum-Zunahme der Reduktionszone wird eine entsprechende Volum-Verminderung der Kohlungszone nach sich ziehen, jedoch nicht vollkommen entsprechend, indem das schwach gekohlte Eisen einen höheren Hitzgrad zu seiner Schmelzung erfordert als das stärker gekohlte, die mehrfach beschränkte Kohlungszone des 2ten Falles sich also hierdurch etwas vergrößert. Aehnliche Modifikationen der Zonengrenzen lassen sich für den 3ten und 4ten Fall ableiten. Diese Ableitung selbst liegt uns aber weniger als Zweck vor, als vielmehr die Erlangung der Ueberzeugung: daß die räumliche Ausdehnung der verschiedenen Zonen im Innern eines Hohofens durch die Wirkung gewisser Ursachen sehr großen Verschiedenheiten unterworfen ist. Durch die vorhergegangenen Betrachtungen dürften wir diese Ueberzeugung so weit erlangt haben, um einzusehen, daß es sicherlich nicht zwei Hohöfen giebt, in denen die relative, geschweige denn die absolute Größe der Zonenvolume eine gleiche genannt werden kann. Modifikationen dieser vier Fälle.

Wir kommen nun zum zweiten Theil unserer Frage. Welche Wirkungen werden durch die verschiedene Temperatur und relative räumliche Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen hervorgebracht? Und zwar 1) in Bezug auf die Quantität und 2) in Bezug auf die Qualität des erzeugten Roheisens. Die Quantität des Roheisens, welche ein Hohofen innerhalb einer gegebenen Zeit producirt, nennt man seine absolute Produktion. Wirkungen der versch. Temperat. u. Ausdehn. gleichnam. Zonen.

Von den fünf Ofenzonen, welche das Innere eines Hohofens bilden, wir-

a. Hinsichtlich der Quantität d. Roheisens (absolute Produktion).

ken vier ausschließlich vorbereitend und nur eine direkt producirend. Letztere ist die Schmelzzone. In den drei obersten Ofenzonen wird das Erz vorgewärmt, reducirt und das reducirte Eisen zu einer stahlartigen Masse gekohlt; und die Verbrennungszone liefert so zu sagen die Kraft, welche zu dieser chemischen Arbeit erforderlich ist. Welches Volum und welche Temperaturen diese vier Zonen besitzen, ist, wenn es sich allein um größtmöglichste Quantität des producirten Roheisens handelt, an und für sich gleichgültig. Je mehr aber der räumliche Inhalt der Schmelzzone wächst und je höher der in ihr herrschende Hitzgrad steigt, desto mehr geschmolzenes Roheisen wird in einer gegebenen Zeit producirt werden (Bd. I., S. 453, 460, 464 und 480). Von den oben angeführten vier Hauptfällen ist es also der erste Fall, welcher das Maximum und der zweite, welcher das Minimum des producirten Roheisen-Quantums nach sich zieht.

Mittel zur Vermehrung der absoluten Produktion, begründet in:

Die absolute Produktion spielt eine der wichtigsten Rollen in der Oekonomie des Hohofenprocesses. Je mehr Roheisen ein Hohofen in einer gegebenen Zeit producirt, desto geringer werden verhältnißmäßig gewisse Kosten der Darstellung ausfallen. Das Bestreben des Eisenhüttenmannes muß deshalb darauf gerichtet seyn, das Volum der Schmelzzone im Hohofen so weit zu vergrößern, als es durch Anwendung von Mitteln geschehen kann, welche weder zu kostbar, noch der Qualität des dargestellten Roheisens nachtheilig sind. Die S. 42, sub A, a und A, b angegebenen Ursachen der Temperatur-Erhöhung geben uns solche Mittel an die Hand; nur muß hierbei, wie sogleich gezeigt werden soll, mit Auswahl und Vorsicht zu Werke gegangen werden.

1) Relative Menge des Brennmaterials.

Eine große relative Menge des Brennmaterials (A, a, 2) findet dadurch bald ihre Grenze, daß der Gewinn, welcher durch die größere absolute Produktion entsteht, durch den vermehrten Brennmaterial-Verbrauch wieder aufgehoben werden kann. Diese Grenze kann auf verschiedenen Hüttenwerken, je nach dem Verhältnisse zwischen Arbeislöhnen und Brennmaterialkosten eine sehr verschiedene seyn.

2) Capacität d. Gebläseluft.

Eine stark erhitzte Gebläseluft (A, a, 3), abgesehen von den durch sie verursachten Kosten, ist von nachtheiligen Folgen auf die Güte des ausgebrachten Roheisens, und führt eine baldige Erweiterung (Ausschmelzung) des Gestelles herbei. Durch stark gepreßte Gebläseluft werden ähnliche Wirkungen, doch jedenfalls in geringerem Grade hervorgebracht. Einer großen relativen Menge der Gebläseluft (A, a, 4), so wirksam und unschädlich dieses Mittel erscheinen mag, darf man sich abermals nur bis zu einem gewissen Grade bedienen. So ausgemacht und leicht begreiflich es ist, daß die absolute Produktion eines Hohofens, bei sonst sich gleichbleibenden Umständen, durch vermehrtes Windquantum erhöht werden kann, so gewiß ist es auch, daß die Produktion nicht in demselben Verhältnisse zunimmt, in welchem

Grenze dieses Mittels.

man die Windmenge vermehrt, sondern daß es vielmehr bei jedem Hohofen

eine Grenze giebt, über welche hinaus die Steigerung des Windquantums keine entsprechende und überhaupt keine beträchtliche Produktions-Erhöhung mehr zur Folge hat. Der Grund hiervon ist nicht schwer zu finden. Je mehr Wind ein Ofen in einer gegebenen Zeit erhält, desto mehr Brennmaterial wird innerhalb dieser Zeit verbrennen, und man würde, wenn es sich hier bloß um das Schmelzen einer Masse von bestimmter Schmelzbarkeit handelte, ohne Zweifel auch eine entsprechend vermehrte Menge an Schmelzprodukt erhalten. Das reducirte Eisen im Hohofen hat aber einen variablen Schmelzpunkt, der sich großentheils nach der Menge des Kohlenstoffs richtet, welchen dasselbe bereits vor der Schmelzung aufgenommen hat (S. 17). Je mehr man den Gang des Schmelzens beschleunigt, desto weniger Zeit wird dem reducirten Eisen zu jener Kohlung gelassen; es geht um so schneller durch den Kohlungsraum, und gelangt als ein weniger gekohltes und dadurch strengflüssigeres Eisen in die Schmelzzone. Nehmen wir beispielsweise an, daß ein solches Eisen erst bei 1900° C. schmelze, während ein höher gekohltes schon bei 1600° C. in Fluß geräth. Bei dem langsameren Ofengange und dem höher gekohlten Eisen wird alsdann die Schmelzzone denjenigen Raum im Gestell umfassen, in welchem eine Temperatur von 1600° C. und darüber herrscht, während dieselbe bei dem beschleunigten Ofengange und dem schwach gekohlten Eisen nur einen Raum einnimmt, der von der Temperatur 1800° C. begrenzt wird. Was man also durch beschleunigten Schmelzgang einerseits an absoluter Produktion zu gewinnen trachtet, kann andererseits durch größere Strengflüssigkeit des Eisens wieder eingebüßt werden. Ein Hohofen, welcher — bei gleicher Beschickung und sonst überhaupt gleichen Verhältnissen — ein beträchtlich größeres Windquantum als ein anderer erhält, besitzt in diesem Windquantum unläugbar eine entsprechend größere produktive Kraft, als jener andere; aber derselbe hat in dem schwächer gekohlten und dadurch strengflüssigeren Eisen auch einen beträchtlich größeren Widerstand zu überwinden; einen Widerstand, welcher der vermehrten Menge der Gebläseluft endlich so zu sagen über den Kopf wächst. Während sich daher bei Oefen, die mit sehr geringer Windmenge betrieben werden, eine Vermehrung derselben entschieden vortheilhaft zeigt, kann dies bei Oefen, die bereits größere Windmengen erhalten, nur einen mehr oder weniger unerheblichen Einfluß auf die absolute Produktion äußern, ja selbst ökonomisch nachtheilig seyn. Es läßt sich nämlich annehmen, daß die innerhalb eines gegebenen Zeitraumes in einem Ofen verbrannten Brennmaterialmengen ungefähr in demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie die während eines solchen Zeitraumes eingeblasenen Wind-Quantitäten. Nun wächst aber die absolute Produktion in einem abnehmenden Verhältnisse mit der Zunahme der Windmenge, und folglich wird sich bei einer gewissen Quantität der letzteren ein größerer re-

lativer Brennmaterial-Verbrauch herausstellen. Absolute Produktion, vermehrtes Windquantum und relativer Brennmaterial-Verbrauch stehen in einer derartigen Beziehung zu einander, daß das für einen bestimmten Hohofenbetrieb in ökonomischer Hinsicht beste Verhältniß derselben großentheils von lokalen Umständen (Arbeitslöhnen, Materialkosten u. s. w.) bedingt wird. Am weitesten darf man im Allgemeinen die Vermehrung der Windmenge bei einer locker liegenden Beschickung treiben, welche reine und leicht reducirbare Erze enthält, die nach der Reduktion eine poröse, sich leicht kohlende Eisenmasse bilden. Ein solches Eisen wird selbst bei sehr beschleunigter Schmelzung noch hinreichende Zeit zur Kohlung finden. Eine dicht liegende Beschickung, sowie unreine und schwer reducirbare Erze, setzen dagegen einer Steigerung des Windquantums sehr bald entschiedene Grenzen.

3) Ofen-Construktion. Ein enger und hoher Ofen (A, a, 6), als Mittel zur Vermehrung der absoluten Produktion, ist nur insoweit anwendbar, als das Aufsteigen der Ofengase innerhalb seiner Schmelzsäule nicht durch seine Höhe zu sehr erschwert, und als es die geringe Weite seines Gestelles, durch die Schmelzbarkeit der Gestellwände, sowie durch andere Umstände, nicht unzweckmäßig macht. Da die Höhe des Ofens durch jene Bedingung begrenzt wird, so wird man auch dem Schachte eine gewisse Weite ertheilen müssen, um eine bestimmte absolute Produktion möglich zu machen. — Sämmtliche andere Mittel der Temperatur-Erhöhung — als da sind: Brennmaterial von hohem pyrometrischen Wärme-Effekt, Reinheit der Gebläseluft, geröstetes und trocknes Erz, trockne Zuschläge und gebrannter Kalkstein, vollkommen verkohltes und trocknes Brennmaterial, richtiger Zerkleinerungsgrad des Brennmaterials und der Beschickung, sowie feste Beschaffenheit derselben, fehlerfreie Beschaffenheit der Ofenmauern und Nichtableitung von Ofengasen — können natürlich im uneingeschränktesten Maße angewendet werden.

b) Hinsichtlich d. Qualität des Roheisens. In Betreff der Qualität des ausgebrachten Roheisens wird es am zweckmäßigsten seyn, bei jedem einzelnen der vier gedachten Fälle zunächst alle Einflüsse unberücksichtigt zu lassen, welche durch besondere Beschaffenheit und zufällige Nebenbestandtheile der Beschickung und des Brennmaterials hervorgerufen werden, und dann erst die Modifikationen zu ermitteln suchen, welche eine Folge jener besonderen Umstände sind.

Qualität des Roheisens im ersten extremen Falle. Im ersten Falle wird ein mit Kohlenstoff übersättigtes, bei langsamer Abkühlung zu graphitreichem grauen Roheisen erstarrendes Produkt erzeugt werden; und dies nicht allein deswegen, weil sich in der Kohlungszone hinreichende Gelegenheit zur Umwandlung des reducirten Eisens in eine stahlartige Masse darbietet, sondern besonders dadurch, daß die große räumliche Ausdehnung und hohe Temperatur der Schmelzzone die Uebersättigung des geschmolzenen Eisens mit Kohlenstoff im höchsten Grade begünstigen (S. 18). — Dieselben Ursachen, welche dies bewirken, werden veran-

lassen, daß das Roheisen eine beträchtliche Menge Silicium (sowie vielleicht auch geringe Quantitäten von Aluminium und Calcium) in sich aufnimmt, wodurch sich bei der Erstarrung um so mehr Graphit ausscheiden wird (S. 24 u. 25). Ein Gleiches gilt vom Phosphor (S. 26 u. 27), wenn die Beschickung phosphorhaltig ist. Es giebt Roheisensorten, welche hinsichtlich ihres Graphitreichthums als sehr graues Roheisen betrachtet werden müssen, bei denen aber nichts desto weniger das zwischen den Graphitpartien befindliche, chemisch mit Kohlenstoff verbundene Eisen weit weniger Kohle als gewöhnlicher Stahl enthält. In solchen Fällen hat die Gegenwart von Silicium, Phosphor u. s. w. es verhindert, daß bei der Erstarrung eine größere Menge Kohle mit dem Eisen verbunden blieb (S. 27). — Ein übergroßer Phosphor- und Schwefelgehalt der Beschickung und des Brennmaterials kann es bewirken, daß selbst in diesem ersten, der Erzeugung von grauem Roheisen günstigsten Falle weißes Roheisen gebildet wird.

Im zweiten Falle, in welchem das Minimum-Volum und die niedrigste Temperatur der Schmelzzone stattfinden, kann sich nur ein kohlenstoffarmes weißes Roheisen bilden. Dieses Roheisen hat seinen geringen Kohlegehalt größtentheils schon in der Kohlungszone aufgenommen, denselben aber in der Schmelzzone — wegen des Minimum-Volums derselben — nicht beträchtlich vermehrt. — Ein so gewonnenes Eisen wird nur sehr wenig Silicium enthalten. Sein Gehalt an Phosphor wird sich weniger nach dem des Brennmaterials und der das Erz begleitenden Gebirgsart, sondern hauptsächlich nach dem des Erzes selbst richten (S. 27). Je mehr Phosphor und Schwefel vorhanden sind, desto kohlenstoffärmer und weißer wird es ausfallen. Durch das hygroskopische Wasser der Gebläseluft — wie es der zweite Fall voraussetzt — wird ein Theil des Schwefels entfernt werden, das Roheisen also unter sonst gleichen Umständen weniger schwefelhaltig seyn, als im ersten Falle.

Qualität d. Roheisens im zweiten extremen Fall.

Im dritten Falle wird ein graues Roheisen gewonnen werden, doch weniger graphitreich als das unter den Verhältnissen des ersten Falles erzeugte. Seinen Gehalt an (chemisch gebundenem und als Graphit ausgeschiedenem) Kohlenstoff hat es hauptsächlich erst nach seiner Schmelzung — in der Schmelzzone — aufgenommen, da die Beschränkung der Kohlungszone hierzu keine günstige Gelegenheit bot. — Auch der Siliciumgehalt wird nicht ganz die Höhe wie im ersten Fall erreichen, weshalb ein solches Roheisen an chemisch gebundenem Kohlenstoff reicher seyn kann, als ein unter Wirkung sämmtlicher Ursachen der Temperatur-Erhöhung (A, a, 1 — 6 und A, b, 1 — 6) gewonnenes. An Phosphor dürfte dieses Eisen, bei sonst gleichen Umständen, jedenfalls mehr enthalten, als das unter den Verhältnissen des zweiten Falles erzeugte. Hinsichtlich des Schwefels

Qualität d. Roheisens im dritten extremen Fall.

findet dies ohne Zweifel statt, da die vorausgesetzte Trockenheit der Gebläseluft eine theilweise Entfernung desselben nicht begünstigt.

Qualität d. Roheisens im vierten extremen Fall.

Im vierten Falle, besonders wenn wir dabei eine Beschickung von schwer reducirbaren — also die Kohlungszone beschränkenden — Erzen voraussetzen, wird sich ein weißes Roheisen bilden, weniger kohlenstoffarm als im zweiten Falle, weil dasselbe, wegen des größeren Volums der betreffenden Zonen, in der Kohlungszone mehr Kohlenstoff aufgenommen und in der Schmelzzone auch um etwas mehr erhöht hat, als jenes. Bei leicht reducirbaren Erzen — beim absoluten Maximum-Volum der Kohlungszone — wird entweder ein noch weniger kohlenstoffarmes, oder vielleicht sogar schon ein graues Roheisen producirt werden. — Auch der Siliciumgehalt dieses Eisens wird etwas höher ausfallen, als im zweiten Falle, der Schwefelgehalt dagegen geringer, und der Phosphorgehalt unter der Voraussetzung geringer, daß derselbe weniger vom Erze selbst, als vom Brennmaterial und der das Erz begleitenden Gebirgsart herrührt (S. 27). — Denken wir uns das Extrem des vierten Falles dadurch gemindert, daß eine gewöhnliche kalte Gebläseluft von geringer Pressung, aber ausreichender Menge, eine gewöhnliche weiche Holzkohle und ein reichliches, oder doch jedenfalls nicht zu knappes Verhältniß dieser Kohle zur Beschickung (natürlich zugleich ohne Ableitung von Ofengasen) zur Anwendung kommen, so haben wir die Verhältnisse gewisser kleinen Hohöfen, wie sie in guter alter Weise noch in so manchen holzreichen Gegenden — unter dem Aechzen und Stöhnen der Bälge! — betrieben werden. Diese Oefen produciren ein nicht sehr graphitreiches, wenig siliciumhaltiges graues Roheisen, welches, wenn die Beschickung in keinem beträchtlichen Grade schwefel- und phosphorhaltig ist, eine ausgezeichnet zähfeste Beschaffenheit besitzt, und beim Frischen mit geringem Abgange ein vortreffliches Stabeisen liefert. Werden leicht reducirbare, schwefel- und phosphorfreie Erze, namentlich Spatheisensteine, unter ähnlichen Umständen verschmolzen, so erhält man Spiegeleisen. Die Produktion von grauem Roheisen in dieser Weise, so zweckmäßig sie in Betreff der Qualität des ausgebrachten Eisens erscheint, ist in neuerer Zeit mehr und mehr dadurch beschränkt worden, daß durch die so außerordentlich gesteigerte Concurrenz in der Roheisen-Erzeugung die producirte Quantität sehr — wohl fast allzusehr — in den Vordergrund gestellt wird.

5) Von der Erzeugung der verschiedenen Arten des Roheisens.

Die Gründe, aus denen man in einigen Fällen graues und in anderen weißes Roheisen erzeugt, sowie die Verfahrungsarten, durch welche wir die

Erzeugung dieser verschiedenen Eisensorten bis zu einem gewissen Grade in unserer Gewalt haben, können nicht eher richtig aufgefaßt werden, als bis man sich eine genaue Kenntniß der wesentlichen Verschiedenheiten beider Eisengattungen und ihrer Abarten erworben hat. Letzteres setzt aber wieder eine Einsicht in die Theorie des Hohofenprocesses voraus, wie sie in den vorhergehenden Abschnitten gegeben wurde. Durch diesen streng vorgeschriebenen Gang der Betrachtung sind wir daher genöthigt, in den gegenwärtigen Abschnitt eine nochmalige Definition der verschiedenen Arten des Roheisens einzuflechten, und dabei zu ergänzen, was an der früher gegebenen Definition mangelhaft bleiben mußte.

Spiegeleisen.

Spiegeleisen (Spiegelfloß, Spangeleisen, Rohstahleisen, Rohstahlfloß, Hartfloß, weißgaares oder dünngrelles Roheisen) von normaler Beschaffenheit läßt sich als ein Kohlenstoffeisen von der Zusammensetzung $Fe^4 C$ (entsprechend 5,10 Proc. Kohlenstoff, gewöhnlich aber etwas mehr, bis zu 5,80 Proc. enthaltend) betrachten. Es ist dasjenige Eisen, welches sich durch den Hohofenproceß *mit Kohlenstoff vollkommen gesättigt hat, ohne dabei beträchtliche Mengen gewisser anderer Bestandtheile — namentlich Silicium, Phosphor und Schwefel — aufgenommen zu haben.* Wären diese aufgenommen worden, dann würde kein Spiegeleisen, sondern entweder graues oder kohlearmes weißes Roheisen entstanden seyn, indem diese fremden Beimischungen, wie wir im dritten Abschnitte sahen, theils auf eine geringere Kohlenstoffaufnahme (Schwefel, Phosphor), theils auf Graphit-Abscheidung (Silicium, Phosphor) hinwirken. — Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß das Spiegeleisen nur aus Erzen gewonnen werden kann, die so frei von Schwefel und Phosphor sind, wie es beim Spatheisenstein der Fall zu seyn pflegt, und die außerdem nicht mit Quarz oder Silicaten innig gemengt vorkommen, da dies eine Reduktion der Kieselerde und Bildung einer größeren Quantität Siliciumeisen unvermeidlich machen würde.

Geeignetste Erze zur Gewinnung d. Spiegeleisens.

Die Darstellung des Spiegeleisens aus derartigen reinen Erzen bedingt ferner eine besondere Art der Schmelzung, deren Principien darauf hinauslaufen, das reducirte Eisen möglichst viel Kohlenstoff und möglichst wenig Silicium aufnehmen zu lassen, und dasselbe keiner Verunreinigung durch schädliche Bestandtheile des Brennmaterials und der Zuschläge auszusetzen. Die Kohlung des Eisens im Hohofen findet aber, wie wir früher erfuhren, in zwei Perioden statt. Ein Theil des Kohlenstoffs wird vom Eisen vor der Schmelzung, in der Kohlungszone, ein anderer Theil nach der Schmelzung, in der Schmelzzone, aufgenommen. In der Kohlungszone ist keine Gefahr hinsichtlich der Reduktion von Silicium vorhanden, namentlich wenn die Erze nicht mit Kieselerde oder Silicaten imprägnirt sind; dagegen ist eine solche Reduktion in der Schmelzzone, wo flüssiges Kohlenstoffeisen mit geschmolzener Schlacke in Berührung kommt, nicht zu

umgehen. Um den vorgedachten Zweck zu erreichen, wird es daher erfordert, das Eisen möglichst viel Kohlenstoff vor der Schmelzung aufnehmen zu lassen, d. h. eine Art des Schmelzprocesses zu wählen, bei welcher ein großes Volum der Kohlungszone angestrebt wird, so wie dasselbe nach der Schmelzung weder einer zu hohen Temperatur (zu umfangreichen Schmelzzone), noch einer zu hoch silicirten Schlacke auszusetzen. Die Aufnahme einer beträchtlichen Menge von Kohlenstoff vor der Schmelzung wird bei den Spatheisensteinen durch ihren (nach der Röstung) hohen Grad der Porosität und die sich daraus hinsichtlich der Reduktion (Bd. I., S. 588) und Kohlung (S. 5) ergebenden günstigen Verhältnisse außerordentlich erleichtert; ein hoher Hitzgrad in der Schmelzzone läßt sich aber bei diesen Erzen um so eher vermeiden, als dieselben, wegen ihres Mangangehaltes, zur Bildung einer leichtflüssigen Schlacke (S. 33) sehr geneigt sind. Aus diesem Grunde wird es nie gelingen, aus einem schwer reducirbaren Erz, wie z. B. Eisenglanz, selbst wenn es ganz frei von Phosphor und Schwefel vorkommen sollte, wirkliches Spiegeleisen zu erzeugen; und zwar um so weniger, wenn es von schwer schmelzbarer Gangart begleitet wird. Daß man zur Verschmelzung der geeigneten Erze auf Spiegeleisen keine Kohks anwenden darf, ergiebt sich nicht allein aus dem meist zu beträchtlichen Schwefelgehalt derselben, sondern auch daraus, daß dieselben die Temperatur in der Schmelzzone leicht zu sehr erhöhen könnten. Dagegen ist die Anwendung von Holzkohlen mit dem erheblichen Nutzen verbunden, daß die alkalireiche Asche derselben zur Bildung von Cyankalium und dadurch zu einer erhöhten Kohlung des Eisens Veranlassung giebt. Als Haupt-Bedingungen zur Darstellung von Spiegeleisen und verwandten Eisensorten aus dazu geeigneten Erzen ergeben sich folglich: großes Volum der Kohlungs- und kleines Volum der Schmelzzone (s. den vorigen Abschnitt: Vierter Fall); Anwendung von Holzkohlen als Brennmaterial; leichtflüssige, nicht hoch silicirte Schlacke.

Geeignetstes Brennmat. z. Gewinnung d. Spiegeleisens.

Werden Spatheisensteine — oder andere leicht reducirbare und leicht schmelzbare, schwefel- und phosphorfreie Erze — nicht ganz nach den eben aufgestellten Principien verschmolzen, so kann einerseits ein weniger kohlenstoffreiches Spiegel- oder weißes Eisen, andererseits aber auch graues Roheisen daraus erhalten werden. Sind die Bedingungen zur möglichst hohen Kohlung des Eisens vor der Schmelzung nicht hinreichend erfüllt, wie z. B. durch zu geringes Brennmaterial-Quantum, so bildet sich ein Kohlenstoffeisen, dessen Kohlegehalt mehr oder weniger beträchtlich unter 5 Proc. liegt, und welches sich dann nach dem Erstarren in höherem oder geringerem Grade verschieden vom normalen Spiegeleisen zeigt. Am nächsten dem Spiegeleisen steht der sogenannte blumige Floß, von strahlig blumiger — nicht mehr geradflächig spiegelnder — Textur. Ein blumiger Floß aus Steyermark gab

Blumiger und luckiger Floß.

bei der Analyse 4,92 Proc. Kohlenstoff*), ein anderer dergleichen nach Schafhäutl**) 3,62 Kohlenstoff; ein großluckiger Floß enthielt nach Schafhäutl 4,26 und ein kleinluckiger Floß, nach demselben, 3,18 Proc. Kohlenstoff (Bd. I., S. 581 u. 582). Alles luckige Roheisen (luckiger Floß, Weichfloß oder dickgrelles Roheisen) läßt sich daher als ein Spiegeleisen betrachten, mit noch geringerem Kohlegehalt als der blumige Floß. Die Eigenthümlichkeit dieses Eisens, mit größeren oder kleineren Blasenräumen in seinem Innern zu erstarren, steht mit seiner chemischen Natur im Zusammenhange. Der Kohlenstoffgehalt desselben ist nicht mehr groß genug, um es beim Ausfließen aus dem Heerde, wobei es im flüssigen Zustande mit Luft und Feuchtigkeit in Berührung kommt, vor einer theilweisen — gewöhnlich mit Funkensprühen begleiteten — Verbrennung zu schützen. In Folge dieser Oxydation und der Zerlegung von Luft und Wasser bilden sich Gasblasen, welche nicht alle aus dem Eisen entweichen können, da diese Eisenart die charakteristische Eigenschaft besitzt, bereits längere Zeit vor ihrem Erstarren eine sehr dickflüssige Beschaffenheit anzunehmen, und durch einen breiartigen Zustand in den festen überzugehen. Daher der Name: dickgrelles Roheisen, im Gegensatze zu dem dünngrellen — dünnflüssigeren — Spiegeleisen. In einem schwefelhaltigen weißen Roheisen können sich zwar ebenfalls Blasenräume erzeugen (S. 29), allein nicht leicht in der Menge und Art wie beim luckigen Floß, da das geschmolzene schwefelhaltige Roheisen, vor dem Erstarren wohl dickflüssig wird, aber doch nicht jenen breiartigen Zustand durchläuft. Noch weniger aber kann dies bei dem durch seine Dünnflüssigkeit ausgezeichneten phosphorhaltigen Eisen der Fall seyn. — Graues Roheisen läßt sich aus Spatheisensteinen und ähnlichen Erzen dadurch gewinnen, daß man die Beschickung durch zweckmäßig gewählte Zuschläge strengflüssiger macht und der Schmelzzone eine höhere Temperatur ertheilt als zur Bildung von Spiegeleisen erforderlich, wodurch nicht allein Aufnahme von Silicium, sondern auch Uebersättigung mit Kohlenstoff erfolgt. Ein solches Roheisen besitzt jedoch, wenn es nicht bei sehr hoher Temperatur erblasen und sehr siliciumhaltig geworden ist, stets eine stärkere Tendenz zum Weißwerden, als das aus anderen Erzen dargestellte graue Roheisen. Leichter als aus reinem Spatheisenstein, läßt sich aus thonigem oder kieseligem Sphärosiderit graues Roheisen gewinnen. *Graues Roheisen aus Spatheisenstein.*

Nicht jedes Eisen, welches das Aussehen des Spiegeleisens besitzt, hat die chemische Constitution desselben. Eine krystallinisch blättrige Textur, wie sie das Spiegeleisen zeigt, rührt nicht stets von chemisch gebundenem Kohlenstoff allein her, oder wird wenigstens durch die Gegenwart gewisser anderer Stoffe *Dem Spiegeleisen ähnliches Roheisen.*

*) Karsten's Eisenhüttenk. Bd. I., S. 592.
**) Prechtl's Technol. Encyklopäd. Bd. 15, S. 402.

nicht verhindert. Letzteres ist z. B. bei dem sogenannten Spiegeleisen von Alais der Fall, in welchem Schafhäutl 5,80 Proc. Kohlenstoff, 4,05 Arsenik, 1,86 Silicium, 0,65 Schwefel, 0,11 Aluminium und 0,87 Stickstoff (?) fand (Bd. I., S. 581). Enthielte dieses Eisen keinen Arsenik, so würde es, bei seinem beträchtlichen Siliciumgehalt ohne Zweifel einen Theil seines Kohlenstoffs als Graphit ausgeschieden haben; es hätte sogar wohl schwerlich eine solche Quantität Kohlenstoff aufgenommen, da sich hierbei ein Schwefelgehalt von 0,65 Proc. als Hinderniß entgegenstellte. Die Gegenwart des Arseniks hat daher sowohl die Wirkung des Siliciums, als die des Schwefels paralysirt. Man kann sich vorstellen, das in diesem Eisen der Schwefel einestheils mit einer entsprechenden Menge Arsenik zu $As\,S^2$ und anderentheils mit Aluminium zu $Al\,S^2$ verbunden ist. Solchenfalls erfordern 0,11 Aluminium 0,13 Schwefel, und die übrigen 0,52 Schwefel sind mit 1,21 Arsenik vereinigt. Es bleiben daher noch 2,84 Arsenik. Wären diese mit Silicium zu $Si\,As$ verbunden, so würde dazu 1,67 Silicium erfordert, was der wirklich vorhandenen Menge des Siliciums sehr nahe kommt. Es ließe sich hieraus folgern, daß die Bildung der Verbindung $Fe^4\,C$ nicht beeinträchtigt wird durch die Beimischung gewisser Mengen von $As\,S^2$, $Al\,S^2$ und $Si\,As$. Ein so gemischtes Produkt kann aber, selbst wenn es — was nicht ermittelt ist — in morphologischer Hinsicht genau mit $Fe^4\,C$ übereinstimmen sollte, in metallurgischer Beziehung nicht mehr auf die Benennung von Spiegeleisen Anspruch machen.

Die aus Spatheisenstein, sowie aus gewissen Sphärosideriten und sehr reinen — meist durch Verwitterung von Spatheisenstein gebildeten — Brauneisensteinen (sogenannten Braunerzen) unter Anwendung von Holzkohle gewonnenen Roheisensorten bilden eine besondere Gruppe, welche sich von den übrigen Arten des Roheisens durch fast gänzlichen Mangel an Phosphor und Schwefel, theils auch durch geringeren Siliciumgehalt unterscheidet, während sie zugleich, wegen des gewöhnlichen Mangangehaltes der genannten Erze, manganhaltig zu seyn pflegt. Ueberdies fehlen dieser Gruppe in der Regel jene kleinen Mengen von Erdenmetallen (Aluminium, Calcium, Magnesium), welche von verschiedenen Analytikern vorzugsweise in den bei höherem Hitzgrade erzeugten Roheisenarten nachgewiesen worden sind.

Das aus anderen, theils unreineren, theils schwerer reducirbaren und strengflüssigeren Erzen dargestellte Roheisen, zu dessen näherer Betrachtung wir jetzt übergehen, läßt sich zunächst in die beiden umfassenden Abtheilungen des weißen und grauen Roheisens bringen. In ihrer generellsten Bedeutung begreift erstere auch das Spiegeleisen und seine Abarten in sich; doch ist es jedenfalls zweckmäßiger, unter weißem Roheisen nur dasjenige Eisen dieser Art zu verstehen, welches aus Erzen der eben angegebenen Be-

schaffenheit erzeugt wurde. Dadurch entgeht man der Verwechslung zweier Eisensorten, welche, außer ihrer Farbe, wenig mit einander gemein haben.

Das weiße Roheisen (Weißeisen) ist ein mit Kohlenstoff chemisch verbundenes, mehr oder weniger phosphor- und schwefelhaltiges Eisen, dessen Kohlegehalt zwischen 2,5 Proc. und 3,5 Proc. zu liegen pflegt. Selten beträgt derselbe mehr als 3,5, mitunter aber noch weniger als 2,5 Proc. In einem weißen Roheisen von Malapane wurden 4,12 Proc.*), in einem dergleichen von Alais 2,75, in einem dergleichen von Creuzot 1,91, und in einem dergleichen von Firmy sogar nur 1,40 Proc. Kohlenstoff durch die chemische Analyse aufgefunden (Bd. I., S. 582). An Schwefel und Phosphor enthielten diese letzteren Eisensorten: Weißes Roheisen.

	Schwefel.	Phosphor.
(2,75 Kohle)	0,38	?
(1,91 »)	1,11	?
(1,40 »)	0,30	2,30

Mit einer Zunahme des Schwefel- und Phosphorgehaltes ist eine Abnahme des Kohlegehaltes verbunden. Ferner pflegt das weiße Roheisen nur geringe Menge von Silicium, wenigstens geringere als das graue Roheisen, zu enthalten. Dieses ganze Mischungs-Verhältniß wird durch die gedachte Natur der Erze bedingt, und durch die Art, auf welche man das weiße Roheisen daraus darstellt. Wie schon mehrfach erwähnt, erfordert die Darstellung des weißen Roheisens eine ähnliche Leitung des Hohofenprocesses, wie die des Spiegeleisens, besonders eine nicht zu hohe Temperatur (ein nicht zu großes Volum) der Schmelzzone. Wenn die fremden Beimengungen und die schwerere Reducirbarkeit der Erze es nicht verhinderten, würde bei einem solchen Schmelzgange Spiegeleisen oder doch eine der weniger kohlereicheren Abarten desselben gebildet werden.

In der hüttenmännischen Praxis unterscheidet man hauptsächlich zwei genetisch verschiedene Arten des weißen Roheisens, nämlich das von gaarem und das von übersetztem oder rohem Gange (Rohgang) des Hohofens. Weißes Roheisen von gaarem Gange nennt man dasjenige, welches, obgleich bei niederer Temperatur der Schmelzzone, doch bei einem regelmäßigen und gutartigen Ofengange erfolgt ist, und unter diesen Umständen daher stets von gaarer Schlacke begleitet wird, d. h. einer gewöhnlich lichten und stark durchscheinenden, jedenfalls aber nur wenig eisenhaltigen, saigeren Schlacke (Bd. I., S. 40). Es setzt dieser Ofengang ein nicht zu knappes Verhältniß des Brennmaterials zum Erze voraus. Weißes Roheisen von übersetztem oder rohem Gange, an einigen Orten grelles Roheisen genannt, entsteht bei einer zu großen Menge des Erzes im Ver- Weißes Roheisen v. gaarem Gange. Weißes Roheisen v. rohem Gange.

*) Karsten's Eisenhüttenk. Bd. I., S. 592.

hältniß zum Brennmaterial, bei zu geringem Hitzgrade der Schmelzzone und zu kleinem Volum der Kohlungszone oder bei mehr oder weniger gehemmtem Aufsteigen der heißen Gase durch die Beschickungs- und Brennmaterialsäule in Folge fehlerhafter Beschaffenheit des Brennmaterials und der Beschickung (S. 39). Durch einen oder mehrere dieser Umstände tritt der sogenannte Rohgang des Ofens ein, d. h. es gelangt entweder schwach gekohltes — vor kurzer Zeit erst reducirtes — Eisen oder sogar unvollständig reducirtes Erz bis in die Schmelzzone, und verursacht hier, indem es mit schmelzendem Kohleeisen in Berührung kommt, die Bildung eines kohlearmen Eisens, welches seinen flüssigen Zustand nur durch einen gewissen Gehalt an Schwefel oder Phosphor zu behaupten vermag. Ist dieser Gehalt nicht beträchtlich, so kann unter solchen Verhältnissen sogar ein förmliches Frischen des Roheisens vor der Form, und ein Ansetzen von Frischeisen im Gestell eintreten. Daß hierdurch eine rohe Schlacke, d. h. eine mehr oder weniger dunkle eisenhaltige, und wegen dieses Eisengehaltes leichtflüssige Schlacke entstehen muß, ist einleuchtend. In Folge des oxydirenden Einflusses, welchen der Rohgang — theils durch den Contakt von schmelzendem Kohleeisen mit unvollkommen reducirtem Erz, theils durch Wirkung der Gebläseluft in dem mit Kohlen nicht hinreichend gefüllten Gestell — auf das Schmelzprodukt ausübt, ist das roh erblasene Eisen nicht allein ärmer an Kohlenstoff, sondern auch gewöhnlich ärmer an Silicium als das gaar erblasene. Wegen seines geringeren Siliciumgehaltes würde dasselbe, in Bezug auf Stabeisenfabrikation, vor letzterem den Vorzug verdienen, wenn der Schmelzgang, bei welchem es erzeugt wird, längere Zeit fortgeführt werden könnte, ohne eine Versetzung des Ofens und gänzliches Aufhören des Schmelzprocesses befürchten zu lassen. — Man kann noch eine dritte Art des weißen Roheisens unterscheiden, und zwar unter der Benennung weißes Roheisen von heißgaarem Gange. Diese Art des Eisens erfolgt aus sehr unreinen Erzen bei einem Schmelzgange, der, obwohl man ihn nicht als Gaargang ansehen kann, doch auch als kein wirklicher Rohgang betrachtet werden darf. Wenn nämlich der Schwefel- und Phosphorgehalt der Erze so beträchtlich ist, daß selbst bei hohem Hitzgrade und großem Volum der Schmelzzone, sowie bei hinreichendem Brennmaterial-Quantum, kein graues, sondern weißes Roheisen gebildet wird, so läßt sich dies keinem Rohgange zuschreiben. Die Schlacke kann hierbei wohl einen größeren Eisengehalt als eine normale Gaarschlacke besitzen, allein ihr fehlen doch manche andere Charaktere einer rohen Schlacke. Ganz besonders ist sie, wenn es der Beschickung nicht an Kalk mangelte, durch einen hohen Schwefelgehalt ausgezeichnet, welcher sich beim Begießen der flüssigen Schlacke mit Wasser durch Aufblähen und Schwefelwasserstoff-Entwickelung zu erkennen giebt. Wenn auch andere Schlacken dieselbe Eigenschaft besitzen können, so zeigt sie sich doch bei der

Weißes Roheisen von heißgaarem Gange.

heißgaaren Schlacke in höherem Grade. Das heißgaar erblasene weiße Roheisen unterscheidet sich nicht bloß durch seinen großen Schwefel- und Phosphorgehalt von anderem weißen Roheisen, sondern es ist zugleich stets durch eine größere Menge beigemischten Siliciums charakterisirt, die es vermittelst der hohen Temperatur und des großen Volums der Schmelzzone aufgenommen hat. Dies ist z. B. bei dem mit Kohks erblasenen weißen Roheisen von Firmy der Fall, welches, nach Berthier (Bd. I., S. 582), nur 1,40 Kohlenstoff, dagegen 0,30 Schwefel, 2,30 Phosphor und nicht weniger als 4,10 Silicium enthielt.

Unterschied d. verschiedenen Arten des weißen Roheisens durch d. Farbe.

Die verschiedenen Arten des weißen Roheisens sind nicht von ganz gleicher Nüance der Farbe; jedoch ist dieser Unterschied meist zu gering, als daß man daraus, selbst wenn dabei andere Charaktere zu Hülfe genommen werden, mit Sicherheit auf die innere (chemische) Beschaffenheit des betreffenden Eisens zu schließen vermöchte. Das Spiegeleisen besitzt eine rein weiße (silberweiße) Farbe. Eine Abnahme des Kohlenstoffgehaltes bewirkt eine Annäherung an die Farbe des Stahls, welche aber durch Vorhandensein von mehr oder weniger Silicium und Phosphor eine lichtere (bläuliche), durch Vorhandensein von Schwefel eine dunklere Nüance erhält, und zwar im letzteren Fall mit einem Stich in's Gelbliche oder Bräunliche. Um solche Nüancen zu unterscheiden, dazu gehört nicht allein ein geübtes Auge, sondern es wird auch erfordert, daß man vollkommen frische Bruchstücke der betreffenden Eisensorten unmittelbar nebeneinander vergleicht *). Jedoch bleibt auch solchenfalls stets zu berücksichtigen, daß die fremden Beimischungen in sehr verschiedener Combination ihrer Mengen auftreten können, und daß ganz ähnliche Nüancen von verschiedenen dieser Combinationen hervorgerufen werden.

Brennmaterial zur Gewinnung des weißen Roheisens.

Das zur Darstellung des weißen Roheisens verwendete Brennmaterial kann sehr verschiedener Art seyn. Man bedient sich dazu der Holzkohlen, Kohks, Steinkohlen, mitunter auch des gedarrten und rohen Holzes. Unvollkommen verkohlte und nicht verkohlte Brennmaterialien sind insofern hierzu geeignet, als sie den Ofen abkühlen und dadurch die Bildung des weißen Eisens begünstigen; jedoch tritt bei ihrer Anwendung, besonders bei der des Holzes, leicht Rohgang ein. Das mit Kohks erblasene Roheisen ist, unter sonst gleichen Umständen, in dem Verhältnisse unreiner als das mit Holzkohlen erblasene, weil ersteres Brennmaterial — in Bezug auf Schwefel und Phosphor — unreiner als letzteres ist. Gewöhnlich kommt aber noch hinzu, daß bei einem

*) Zu einer solchen Vergleichung kann man sich einige größere Probestücke von bekannter Zusammensetzung vorräthig halten, darunter besonders Spiegeleisen und Stahl. Die Nüance des zu untersuchenden Eisens wird alsdann am besten erkannt, wenn man ein kleines, möglichst dünnes und ebenes Stückchen davon nacheinander auf die verschiedenen Probestücke legt.

Schmelzen mit Kohks nicht leicht ein ganz so niedriger Hitzgrad in der Schmelzzone erhalten werden kann, als bei einem Holzkohle-Schmelzen, und daß folglich auch aus diesem Grunde das Kohks-Roheisen unreiner auszufallen pflegt. In dieser Beziehung hat die Eintheilung aller weißen Roheisensorten in weißes Holzkohle-Roheisen und weißes Kohks-Roheisen Bedeutung, die jedoch theilweise dadurch wieder verloren geht, daß eine unreine Beschickung, mit Holzkohlen verschmolzen, ein schlechteres Roheisen geben kann, als eine reine Beschickung mit Kohks verschmolzen.

Graues Roheisen. Das graue Roheisen besteht aus einem Gemenge von weißem Roheisen und Graphit. Dieses weiße Roheisen aber, welches die Grundmasse des grauen ausmacht, unterscheidet sich von dem vorgedachten, für sich auftretenden weißen Roheisen durch seine chemische Zusammensetzung, namentlich durch seinen bedeutend größeren Siliciumgehalt. Während das normale weiße Roheisen fast nie über 0,5 Proc. Silicium enthält, beträgt dieser Gehalt beim grauen Roheisen selten unter 1 Proc., steigt oft bis zu 2 Proc. und erreicht mitunter 3 Proc. und mehr. Graues Roheisen mit niederem Siliciumgehalt pflegt um so phosphorhaltiger zu seyn; doch kommt auch graues Roheisen vor, in welchem beide diese Stoffe in beträchtlicher Menge auftreten. Außerdem scheinen Erdenmetalle (Aluminium, Calcium, Magnesium) im grauen Roheisen häufiger vorzukommen als im weißen. Im Allgemeinen läßt sich also das, die Grundmasse des grauen Roheisens bildende weiße Roheisen im Vergleich mit dem für sich auftretenden Eisen dieser Art, als ein an fremden Bestandtheilen in summa reicheres definiren. Diese reichlichere Aufnahme fremder Stoffe, und namentlich des Siliciums, wird durch die Darstellung des grauen Roheisens bei hohem Hitzgrade und großem Volum der Schmelzzone veranlaßt; und in Folge dieses höheren Gehaltes an fremden Bestandtheilen tritt vor dem Erstarren eine Graphitausscheidung ein, indem ein Theil des — ebenfalls in reichlicher Menge aufgenommenen — Kohlenstoffs, wahrscheinlich in Verbindung mit mehr oder weniger Silicium (S. 25), herauskrystallisirt. Der hohe Hitzgrad und das große Volum der Schmelzzone, hervorgebracht durch ein reichliches Verhältniß des Brennmaterials zum Erze und durch eine wenigstens nicht zu geringe Wind-Capacität, sind daher die Hauptbedingungen zur Erzeugung des grauen Roheisens. Wenn mitunter, trotz der Erfüllung dieser Bedingungen, und sogar bei Anwendung erhitzter Gebläseluft, kein graues, sondern weißes Roheisen erfolgt, so kann der Grund hiervon stets nur in einem schlechten Brennmaterial oder einer sehr unreinen Beschickung oder in beiden zugleich liegen.

Eine Eintheilung des grauen Roheisens in verschiedene Arten läßt sich zwar nach analogen Principien wie beim weißen Roheisen in Anwendung bringen, jedoch nicht mit gleichem Erfolge. Dies schon aus dem Grunde nicht, weil natürlich von keinem grauen Roheisen von übersetztem oder rohem

Gange die Rede seyn kann. Ein wirklicher Rohgang ist ohne gleichzeitige Bildung weißen Roheisens nicht möglich. Obgleich aber alles graue Roheisen von einem *gaaren* Gange herrührt, so kann dieser gaare Gang doch von verschiedener Art seyn und graues Roheisen verschiedener Beschaffenheit liefern. Besonders sind hierbei folgende zwei extreme Fälle zu unterscheiden. Wie wir bereits früher erfuhren (S. 50), läßt sich graues Roheisen auch bei minder hohem Hitzgrade und geringerem Volum der Schmelzzone erzeugen, wenn man nur Sorge trägt, daß dem zu geringen Effekte einer schwächeren Wind-Capacität (d. h. einer geringeren Menge kalter Gebläseluft von nicht hoher Pressung) durch ein reichlicheres Brennmaterial-Quantum das Mangelnde möglichst ersetzt wird. Dies stellt den einen extremen Fall dar. Der andere Fall tritt ein, wenn man bei starker Wind-Capacität (größerer Menge erhitzter Gebläseluft von hoher Pressung) so viel als möglich auf Brennmaterialersparung hinarbeitet. Der erste Fall läßt sich durch die Benennung *altgaarer Gang*, der letztere durch *heißgaarer Gang* bezeichnen. Zwischen beiden liegt der normale *gaare Gang* in der Mitte, welcher eine mittlere Wind-Capacität und ein mittleres Brennmaterial-Quantum bedingt. Endlich ist noch der Fall hervorzuheben, in welchem man sich nicht bloß einer hohen Wind-Capacität, sondern zugleich eines reichlichen oder selbst überreichlichen Brennmaterial-Quantums bedient. Wenn auch ein solcher *heißgaarer und zugleich übergaarer Gang* bei gutartiger Beschickung wohl nur äußerst selten und auch dann nur während kurzer Zeit vorkommen dürfte, so findet man ihn doch mitunter als Resultat von Anstrengungen, welche die Darstellung eines möglichst graphitreichen Roheisens aus unreinen Beschickungen zum Zwecke haben. Alsdann kann dieser heiß- und übergaare Gang in den zuvor erwähnten heißgaaren Gang (S. 56) übergehen, bei welchem nicht mehr graues, sondern weißes Roheisen erfolgt. Ein *übergaarer Gang* braucht nicht stets in Verbindung mit einem heißgaaren Gange zu seyn; man pflegt sich dieser Benennung vielmehr in allen den Fällen zu bedienen, in denen ein mit Graphit überladenes Roheisen (zuweilen selbst von einer graphithaltigen Schlacke begleitet) erzeugt wird, was auch bei geringerer Wind-Capacität, als sie der heißgaare Gang voraussetzt, geschehen kann, sobald ein gewisses Uebermaß von Brennmaterial vorhanden ist. Nur ein kaltgaarer Gang kann nicht zugleich ein übergaarer seyn. Da aber eine wirkliche Ueberladung des Roheisens mit Graphit ohne unnützen Brennmaterial-Aufwand nicht möglich ist, und daher ein eigentlicher übergaarer Gang nur selten vorkommt und sehr leicht in einen vortheilhafteren Gang umgeändert werden kann, so können wir bei der betreffenden Eintheilung des grauen Roheisens ganz von demselben absehen. Wir haben mithin vorzugsweise nur graues Roheisen von kaltgaarem, von gaarem und von heißgaarem Gange zu unterscheiden.

Verschiedener Ofengang b. Gewinnung d. grauen Roheisens.

Graues Roheisen von kaltgaarem Gange.

Das graue Roheisen von kaltgaarem Gange ist zum Theil schon oben (S. 50) als weder sehr graphitreich, noch sehr siliciumhaltig charakterisirt worden. Auch kann dasselbe keinen beträchtlichen Schwefel- und Phosphorgehalt besitzen, weil es sonst nicht die zur Bildung eines grauen Roheisens erforderliche Menge Kohlenstoff hätte aufnehmen können. Zur Ausscheidung dieses Kohlenstoffs als Graphit wird es besonders durch seinen Siliciumgehalt gebracht, den es bei höherer Temperatur und größerem Volum der Schmelzzone, als solche zur Bildung von weißem Roheisen erforderlich gewesen wären, aufgenommen hat. — Das graue Roheisen von gaarem Gange, aus gutartiger (wenig schwefel- und phosphorhaltiger) Beschickung, ist graphitreich und dabei zugleich mehr siliciumhaltig als die vorhergehende Roheisenart. Aus unreinerer Beschickung erblasen, kann es weniger Graphit enthalten, als ein aus gutartiger Beschickung dargestelltes Roheisen von kaltgaarem Gange. — Das graue Roheisen von heißgaarem Gange zeichnet sich stets durch einen hohen Siliciumgehalt aus, während sein Graphitgehalt in den verschiedensten Abstufungen auftreten kann, je nachdem Erze, Zuschläge und Brennmaterial von mehr oder weniger reiner Beschaffenheit waren.

Graues Roheisen von heißgaarem Gange.

Unterscheidung der verschiedenen Arten des grauen Roheisens durch die Farbe.

Nach seinen äußeren Eigenschaften, besonders nach seiner Farbe, läßt sich das graue Roheisen in mehrere Klassen bringen. Eine solche Eintheilung hat aber nur Werth, wenn dabei auf die Art der Darstellung Rücksicht genommen wird. Aus diesem Grunde werden wir in dem Folgenden die Betrachtung des lichtgrauen, grauen und schwarzgrauen Roheisens mit der der betreffenden Darstellungsarten combiniren.

Lichtgraues Roheisen.

Das lichtgraue Roheisen dürfte stets unter 2 Proc., häufig kaum mehr als 1,5 Proc. Graphit enthalten und sein ganzer Kohlenstoffgehalt selten 3 Proc. übertreffen. Ist dasselbe von heißgaarem oder doch gaarem Gange, so ist es entweder durch Phosphor oder durch Schwefel oder durch beide zugleich stark verunreinigt, weil sich sonst bei einem derartigen Gange ein dunkleres Roheisen erzeugt haben würde. Auch enthält es solchenfalls eine beträchtliche Menge Silicium. Eine stärkere Verunreinigung durch Phosphor verräth sich durch seine Sprödigkeit. Von kaltgaarem Gange dagegen, wenn weder seine Farbe zu licht, noch sein Glanz matt erscheint, läßt es auf eine fehlerfreie Beschaffenheit schließen, um so mehr, wenn es mit Holzkohlen dargestellt ist. Wir ersehen hieraus, daß das weiße Roheisen, welches die Grundmasse des lichtgrauen ausmacht, eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben kann, deren Extreme zwischen starker Verunreinigung durch Phosphor, Schwefel und Silicium und geringer Verunreinigung durch diese Stoffe liegen.

Graues Roheisen.

Auch das gewöhnliche graue Roheisen, welches 2 — 3 Proc. Graphit und im Ganzen 3,5 — 4,5 Proc. (Graphit und chemisch gebundenen) Kohlen-

stoff zu enthalten pflegt, kann eine Grundmasse von sehr verschiedener Beschaffenheit besitzen, wiewohl nicht in dem Grade verschieden, wie beim lichtgrauen Roheisen. Denn während dieses bei kaltgaarem, gaarem oder selbst heißgaarem Gange dargestellt seyn konnte, kann das graue Roheisen nur bei gaarem oder heißgaarem Gange gewonnen werden. In ersterem Falle wird es, was einen Gehalt an Schwefel und Phosphor betrifft, von reiner, im anderen von weniger reiner Beschaffenheit seyn. Silicium wird es in beiden Fällen enthalten, im zweiten aber, bei gleicher Beschaffenheit der Beschickung, mehr als im ersten.

Das durch seinen großen Graphitgehalt schwarzgraue Roheisen läßt sich nur bei sehr hoher Temperatur und entsprechendem Volum der Schmelzzone, d. h. bei heißgaarem Gange, darstellen, weil nur unter diesen Verhältnissen Gelegenheit zu einer förmlichen Uebersättigung mit Kohlenstoff geboten wird. Uebersättigt mit Kohlenstoff muß aber ein Eisen genannt werden, welches nach seinem Erstarren manchmal noch mehr als 5 Proc. (Graphit und chemisch gebundenen) Kohlenstoff enthält, obgleich es, wie fast jedes graue Roheisen, vor seinem Erstarren bereits eine mehr oder weniger beträchtliche Menge Graphit auf seiner Oberfläche ausgeschieden hat. Da eine so bedeutende Aufnahme von Kohle voraussetzt, daß das betreffende Eisen keine zu große Menge Phosphor und besonders keinen erheblichen Schwefelgehalt (S. 30) besitzt, so kann es folglich nur aus Erzen von einem gewissen Grade der Reinheit gewonnen werden. Vorzüglich gilt dies bei einem Hohofenbetriebe mit kaltem Winde. Durch stark erhitzte und zugleich stark gepreßte Gebläseluft, in Vereinigung mit allen anderen auf hohe Temperatur der Schmelzzone wirkenden Umständen (S. 43; erster Fall) läßt sich allerdings auch ein weniger reines Eisen mit Kohle übersättigen, oder doch wenigstens ein dunkelgraues Roheisen erzeugen. Die Dunkelheit der Farbe beim grauen Roheisen rührt aber nicht immer ausschließlich von Graphit her, sondern wird auch durch die Farben-Nüance des die Grundmasse bildenden weißen Roheisens, sowie durch die Größe und Anordnung der Graphitblättchen bestimmt. Wohl jedes graphitreiche Roheisen enthält 1—2 Proc. Silicium. Steigt der Siliciumgehalt noch höher, dann pflegt — weil sich Silicium und Kohlenstoff gewissermaßen einander ersetzen (S. 24) — der Kohlegehalt wieder abzunehmen. Schwarzgraues Roheisen.

Die geeignetsten Brennmaterialien zur Darstellung des grauen Roheisens sind die besseren (dichten) Arten der Holzkohlen und die reineren (aschen- und schwefelarmen) und festen Kohkssorten. Auch bedient man sich, wie z. B. in einigen Gegenden Englands, mit gutem Erfolge der an flüchtigen Bestandtheilen armen, nicht backenden Steinkohlen hierzu, besonders der Anthracite der Uebergangsformation. Aschenreiche Kohks und Steinkohlen erschweren die Erzeugung des grauen Roheisens sehr, selbst wenn man sie in reichlicher Geeignetstes Brennmaterial. Gewinnung des grauen Roheisens.

Menge im Verhältniß zur Beschickung anwendet. Die in den unteren Theilen des Schachtes anlangenden Kohks umgeben sich nämlich allmälig mit einer Aschenkruste, welche nicht allein die weitere Kohlung des flüssigen Eisens behindert, sondern auch die Verbrennung der Kohks und dadurch den Effekt der Gebläseluft und den Hitzgrad der Schmelzzone beeinträchtigt.

Einige Analysen von grauem Roheisen.

Am Schlusse dieser Betrachtung der verschiedenen Roheisensorten mögen hier noch einige Analysen nordamerikanischen grauen Roheisens einen Platz finden, welche von L. Svanberg *) angestellt worden sind und sich durch sorgfältige Bestimmungen der so einflußreichen Nebenbestandtheile auszeichnen. Graphit und chemisch gebundene Kohle wurden nicht einzeln, sondern nur summarisch bestimmt.

	1	2	3	4	5	6
Kohlenstoff .	2,8913	2,3909	3,0529	4,4064	5,3617	6,4797
Silicium . .	0,8293	1,9042	1,3442	1,0350	1,0948	1,9607
Schwefel . .	0,0052	0,0044	0,0028	0,0600	0,0170	0,0023
Phosphor . .	0,1592	0,0272	0,1224	0,0017	0,1806	1,4591
Kupfer . . .	Spur	—	0,0101	0,0154	0,0235	—

1) Roheisen aus Erzen von Juniata. 2) Roheisen aus Erzen von Long-Mine, Orange Co., New-York. 3) Roheisen aus Erzen von Salisbury, Connecticut. 4) Roheisen vom Hohofen der Lehigh Iron-Company. 5) Roheisen aus Erzen (Magneteisenstein) des Eisenbergs in Missouri. 6) Roheisen vom Anthracit-Hohofen in Donville. In der Roheisensorte 4 fand Svanberg außerdem noch 0,0406 Aluminium und 0,0163 Calcium, und in der Sorte 2 Spuren von Kobalt und Nickel. Aus den Analysen 5 und 6 ersieht man, bis zu welcher bedeutenden Höhe sich der Kohlegehalt bringen läßt. Trotzdem das Eisen von Donville 1,46 Proc. Phosphor enthält, hat man es gleichwohl vermocht, seinen Kohlegehalt bis auf fast 6,5 Proc. zu steigern. Ein solches Resultat läßt sich nur bei Anwendung von Kohk oder Anthracit und bei ausnehmend großer Wind-Capacität erreichen. Die Erze 4, 5 und 6 können in keinem beträchtlichen Grade kieselhaltig (kieselerde- und silicathaltig) gewesen seyn, weil sonst ein gaarer und heißgaarer Gang einen größeren Siliciumgehalt der betreffenden Roheisensorten zur Folge gehabt haben würde. Wäre das Erz, aus welchem das Roheisen 5 dargestellt ist, nicht ein schwer reducirbares (Magneteisenstein), so würde man daraus Spiegeleisen haben gewinnen können. Der geringe Gehalt des Erzes an Schwefel und Phosphor — welcher überdies bei einem auf Spiegeleisen berechneten Schmelzgange in noch kleinerer Menge in das Roheisen übergegangen seyn würde — hätte dies wohl kaum zu hindern vermocht.

Zum leichteren Ueberblick der verschiedenen Arten des Roheisens, welche in dem Vorhergehenden näher charakterisirt wurden, möge folgende tabellarische

*) Berzelius Jahresb. XXVI., S. 198.

Uebersicht dienen. Dieselbe kann nicht den Zweck haben, vollkommen scharfe Grenzen zwischen den betreffenden Eisensorten aufzustellen, da dies — abgesehen von der viel zu geringen Anzahl Roheisen-Analysen, welche uns einstweilen zu Gebote steht — schon deswegen nicht möglich ist, weil derartige Grenzen gar nicht existiren. Wohl aber vermag diese Zusammenstellung ein Bild zu liefern, dessen Umrisse, wenn auch nur schwankend und skizzenhaft, doch gewisse charakteristische Unterschiede deutlich hervortreten lassen. Das weiße Roheisen von heißem Gange ist hierbei, als ein nur ausnahmsweise vorkommendes Produkt, außer Betracht gesetzt worden.

Tabellarische Zusammenstellung der verschiedenen Arten d. Roheisens.

	Kohlenstoff (chem. geb.).	Graphit.	Silicium.	Phosphor und Schwefel. (in summa)
Spiegeleisen . .	5—5½ Proc.	—	bis zu ½ Proc.	sehr wenig.
Blumiger Floß . .	4—5 Proc.	—	desgl.	desgl.
Luckiger Floß . . .	3—4 Proc.	—	desgl.	mitunter etwas mehr als im Spiegeleisen.
Weißes Roheisen.				
Weißes Roheisen von gaarem Gange . .	1½—4 Proc.	—	selten über ½ Prc., höchstens b. gegen 1 Prc.	von wenig bis zu 2 Proc. und mehr.
Weißes Roheisen von rohem Gange . . .	unter sonst gleichen Umständen weniger als das weiße Roheis. v. gaarem Gange.	—	unter sonst gleichen Umständen weniger als das weiße Roheis v. gaarem Gange.	desgl.
Graues Roheisen.				
Lichtgraues Roheisen v. kaltgaarem Gange	1—1½ Proc.	1—2 Proc.	½—1½ Proc.	nicht beträchtl.
Lichtgraues Roheisen v. gaarem bis heißgaarem Gange . . .	mitunter noch wen. als 1 Prc.	1—2 Proc.	1—3 Proc. und mehr.	beträchtlich (bis zu 2 Proc. und mehr).
Graues Roheisen von gaarem Gange . .	1—2½ Proc.	2—3 Proc.	½—2 Proc.	wenig, mitunter sehr wenig.
Graues Roheisen von heißgaarem Gange	1—2 Proc.	2—3 Proc.	1—3 Proc. und mehr.	unter sonst gleichen Umständen mehr als das graue Roheisen von gaarem Gange und weniger als das lichtgraue Roheisen von heißgaarem Gange.
Schwarzgraues (graphitreichstes) Roheis. v. heißgaar. Gange.	1—2½ Proc.	3—4 Proc.	1—3 Proc.	unter sonst gleichen Umständen weniger als das graue Roheis. v. heißg. Gange.

Daß der Siliciumgehalt der verschiedenen Roheisensorten nicht stets im gleichen Verhältnisse mit der Temperatur (der Schmelzzone) zunimmt, bei welcher das Roheisen gewonnen wurde, liegt in zuvor bereits mehrfach angedeuteten Umständen. Es kommt hierbei nicht allein auf die Silicirungsstufe der Schlacke an, sondern auch auf die Beschaffenheit des Erzes, hinsichtlich seiner Imprägnation mit Kieselerde oder Silicaten. Was das an mehreren Stellen der Tabelle angeführte »unter sonst gleichen Umständen« sagen will, wird man leicht finden, wenn man die früher gegebenen Definitionen der verschiedenen Roheisenarten nachliest. So steht in der Tabelle z. B., daß das weiße Roheisen von rohem Gange »unter sonst gleichen Umständen« weniger Kohlenstoff und Silicium als das weiße Roheisen von gaarem Gange enthält. Dies bezieht sich auf ein und dieselbe Beschickung und unveränderte Wind-Capacität bei verschiedenem Erzsatz (verschiedenem Verhältniß des Erzes zum Brennmaterial). Vom grauen Roheisen von heißgaarem Gange ist gesagt, daß es »unter sonst gleichen Umständen« mehr Phosphor und Schwefel (in summa) enthalte, als das graue Roheisen von gaarem Gange; womit ausgedrückt werden soll, daß, wenn zwei ähnliche Beschickungen, von denen die eine bei gaarem und die andere bei heißgaarem Gange verschmolzen wird, graues Roheisen von gleicher Farben-Nüance geben, das bei dem erstgenannten Gange erzeugte Roheisen — in Bezug auf einen Phosphor- und Schwefelgehalt — reiner sein muß als das bei dem letztgenannten Gange erhaltene. —

Zweck der Gewinnung der verschiedenen Arten des Roheisens.

Nachdem wir eine Einsicht in die Bildungsweise der verschiedenen Arten des Roheisens erlangt und zugleich die Möglichkeit eingesehen haben, daß diese Eisensorten, *insoweit es die Beschaffenheit der Erze, Zuschläge und Brennmaterialien gestattet*, durch besondere Gewinnungsmethoden *beliebig* dargestellt werden können, wird es sich jetzt darum handeln, in Kürze nachzuweisen, zu welchen Zwecken man gewisse dieser Roheisenarten erzeugt.

Spiegeleisen.

Das *Spiegeleisen* und seine Abarten eignen sich, wegen ihres außerordentlichen Grades der Reinheit, ganz besonders zur Stahl- und Stabeisenfabrikation. Und zwar ist dies um so mehr der Fall, als es mit seiner Reinheit die Eigenschaft verbindet, aus seinem geschmolzenen Zustande durch Abkühlung in einen breiartigen überzugehen, was den Proceß des Frischens bedeutend erleichtert. Zur Darstellung von Stahl wählt man meist das wirkliche Spiegeleisen, während man zur Stabeisengewinnung die weniger kohlenstoffreichen Abarten desselben (besonders luckige Flossen) verwendet. Es geschieht dies aus Gründen, welche später angegeben werden sollen.

Weißes Roheisen

Das *weiße Roheisen*, wenn es aus reineren Erzen mittelst Holzkohle oder nicht zu unreiner Kohks gewonnen wurde, bietet ähnliche günstige Verhältnisse dar, welche dasselbe wenigstens zur Stabeisenfabrikation geeignet

machen. Aber selbst bei weniger reiner Beschaffenheit desselben ist man, in Ermangelung eines besseren Materials, oftmals genöthigt, dasselbe hierzu anzuwenden. Theils wegen seiner Sprödigkeit, theils aus anderen Ursachen ist es zur Anfertigung der meisten Gußwaaren nicht brauchbar.

Das graue Roheisen dagegen besitzt alle Eigenschaften, welche es zum Gießereibetriebe tauglich machen. Vorzugsweise gilt dies von den nicht zu unreinen, weder zu silicium- noch schwefelhaltigen Sorten. Zugleich aber ist das reinere graue Roheisen für die Stabeisenfabrikation ein sehr brauchbares Material, und das reinste — aus strengflüssigen reinen Erzen, wie z. B. Magneteisenstein, erzeugte — für die Stahlfabrikation von Wichtigkeit. Zur Gießerei mittelst Umschmelzung in Cupolöfen wählt man die graphitreicheren Arten des grauen Roheisens, da durch das Umschmelzen stets ein Theil des Kohlegehaltes verloren geht. Graues Roheisen.

B. Von den Vorarbeiten zur reducirenden Schmelzung der Eisenerze.

Die im vorigen Abschnitte gegebene chemische Theorie des Hohofenprocesses stellt es deutlich heraus, daß es in Bezug auf die möglichst vollkommene Ausführung dieses Processes von großer Wichtigkeit ist, in welchem Zustande der Reinheit, Porosität und Zerkleinerung die Eisenerze zur Verschmelzung im Hohofen angewendet werden. Alle zu Gebote stehenden ökonomisch ausführbaren Mittel, welche die Eisenerze vor ihrer Verschmelzung an schädlichen Bestandtheilen ärmer und der Wirkung der reducirenden und kohlenden Gasarten zugänglicher machen, dürfen bei einem rationellen Hüttenbetriebe nicht versäumt werden.

Zu den schädlichen Bestandtheilen, welche durch zweckmäßige Vorarbeiten aus den Erzen mehr oder weniger entfernt werden können, gehören zunächst Schwefel und Arsenik; in ausgedehnterer Beziehung aber auch Wasser und Kohlensäure. Letztere üben, wenn sie vor der Verschmelzung der Erze nicht ausgetrieben werden, insofern einen schädlichen Einfluß auf den Hohofenproceß aus, als sie die Temperatur im Ofenschachte deprimiren (S. 39). Zur Verminderung eines Phosphorgehaltes in den Erzen ist bisher kein Mittel bekannt. — Der in den Eisenerzen vorhandene Schwefel rührt theils von eingemengten Schwefelmetallen (Schwefelkies, Kupferkies u. s. w.), theils von eingemengten schwefelsauren Salzen (Schwerspath, Gyps u. s. w.) her. Ersterenfalls kann, durch Verwitterung und Röstung der Erze, der Schwefelgehalt vermindert, letzterenfalls dagegen nur ein Gehalt an auflöslichen Salzen, wie Gyps, durch Auslaugung mehr oder weniger entfernt werden. Der in Schwefelarsenikmetallen (besonders Arsenikkies) oder arsensauren Salzen (arsensaures Eisenoxyd) enthaltene und als solche den Vorarbeiten in Betreff der Reinigung der Erze.

Erzen beigemengte Arsenik unterliegt ebenfalls einer theilweisen Verflüchtigung durch den Röstproceß, und desgleichen werden Wasser und Kohlensäure dadurch ausgetrieben.

Vorarbeiten in Betreff der Vermehrung der Porosität der Erze.

Die Vermehrung der Porosität der Erze, wodurch dieselben der reducirenden und kohlenden Wirkung der Hohofengase zugänglicher gemacht werden, läßt sich ebenfalls sowohl durch Verwitterung als durch Röstung erreichen, doch nicht bei allen Eisenerzen in gleichem Grade.

Vorarbeiten in Betreff der Zerkleinerung der Erze.

Welchen schädlichen Einfluß eine zu starke Zerkleinerung der Erze auf den Hohofenproceß ausübt, wurde bereits oben (S. 39) auseinandergesetzt. Fast ebenso schädlich ist es, Erzstücke von zu großem Volum anzuwenden. Auch hier entsteht der Nachtheil, daß die vollkommene Reduktion derselben erschwert wird, in Folge dessen ein unreducirter oder doch schwach gekohlter Kern in den Erzstücken bleibt, welcher bis in die Schmelzzone gelangt und hier die Bildung eines weißen (kohlearmen) Roheisens veranlaßt. Die Zerkleinerung der Erze geschieht theils durch Pochen, theils durch Quetschen (Walzen); sie wird erleichtert, wenn die Erze zuvor durch Verwitterung oder Röstung mürbe gemacht sind.

Als Vorarbeiten zur reducirenden Schmelzung der Eisenerze ergeben sich also im Ganzen, wenn wir von der einfachen und gewöhnlich mit dem Verwittern verbundenen Procedur des Auslaugens absehen: 1) das Verwittern, 2) das Rösten, und 3) das Pochen oder Quetschen (Walzen) der Erze.

1) Von dem Verwittern der Eisenerze.

Unter Verwitterung der Eisenerze versteht man die Veränderungen, welche dieselben erleiden, wenn sie während längerer Zeit dem Einflusse der Witterung ausgesetzt werden. Dieser Einfluß, soweit derselbe für unseren Zweck in Betracht kommt, besteht in einer theilweisen Entfernung des Schwefelgehaltes und in einer Auflockerung (Vermehrung der Porosität) der Erze.

Zersetzung der Schwefelmetalle durch Verwittern.

Schwefelmetalle, wie Schwefelkies, Kupferkies, Magnetkies u. s. w., welche den Erzen beigemengt sind, werden durch die vereinte Wirkung von Luft und Feuchtigkeit zersetzt. Es bilden sich daraus schwefelsaure Salze (Vitriole), welche der Regen auswäscht. Auch beigemengter Gyps wird hierdurch allmälig ausgelaugt. Der Erfolg dieses Processes ist sehr davon abhängig, inwieweit die Beschaffenheit der Erze denselben begünstigt. Wenig poröse und zur Verwitterung nicht geneigte Erze verhindern die Zersetzung und Fortschaffung jener in ihnen vorkommenden schädlichen Bestandtheile.

Vermehrung der Porosität durch Verwittern.

Die Vermehrung der Porosität durch Verwitterung macht sich bei den verschiedenen Eisenerzen in sehr verschiedenem Grade geltend. Sie tritt vorzugsweise nur bei denjenigen ein, welche einer chemischen Veränderung (Oxy-

dation) durch Luft und Feuchtigkeit fähig sind, und dadurch auch einer mechanischen Veränderung in der Anordnung ihrer Massentheile unterliegen. Eisenglanz und Rotheisenstein können sich durch Einwirkung der Luft nicht höher oxydiren, da beide schon aus Eisenoxyd bestehen; und ein Gleiches ist der Fall mit Brauneisenstein und Raseneisenstein (Eisenoxyd-Hydrate). Magneteisenstein ist zwar einer höheren Oxydation fähig; dieselbe wird aber, wegen der gewöhnlich sehr dichten Beschaffenheit dieses Erzes, meist nur oberflächlich und unvollkommen eintreten können. Eine schnellere und vollständigere Verwitterung findet dagegen bei den Spatheisensteinen und Sphärosideriten statt, namentlich bei den weniger dichten Arten derselben. Das Eisenoxydul dieser Erze oxydirt sich zu Eisenoxyd, die Kohlensäure entweicht, und es entsteht zuletzt Eisenoxydhydrat. Eisenerze von geringerem Grade der Dichtheit, selbst wenn sie keiner chemischen Umwandlung durch Verwitterung unterworfen sind, werden wenigstens — durch eindringende Feuchtigkeit und das Gefrieren derselben im Winter — mechanisch aufgelockert.

Einleitung des Verwitterungs-processes.

Um den Verwitterungsproceß einzuleiten, hat man die Erze, in Stücken von nicht zu großem Volum, an einem Orte aufzustürzen, welcher der Witterung möglichst ausgesetzt ist. Die Erzhaufen dürfen weder zu hoch, noch zu niedrig seyn, weil sie ersterenfalls — besonders wenn sich viel kleine Stücke oder gar pulverförmiges Erz darunter befinden — im Innern zu wenig der Luft zugängig sind, anderenfalls aber sich zu trocken halten. Von Zeit zu Zeit müssen sie gewendet, d. h. Erzstücke, welche zu unterst lagen, nach oben gebracht werden, und umgekehrt. In südlichen, regenarmen Klimaten hat die Verwitterung einen weit geringeren Erfolg als in kälteren, in denen abwechselnd Regen, Wärme und Frost auf die Erzhaufen einwirken. Sowohl in Bezug hierauf, als in Betreff des verschiedenen Dichtigkeitszustandes der Erze und der verschiedenen Größe der Erzstücke, läßt sich eine bestimmte Zeit für die zweckmäßige Dauer der Verwitterung nicht angeben; doch ist soviel gewiß, daß kein Eisenerz, selbst unter den günstigsten Verhältnissen, in kürzerer Zeit als zwei Jahr hinreichend verändert wird. Eine zu lange fortgesetzte Verwitterung kann insofern schädlich wirken, als sie bei leicht verwitternden Erzen ein Zerfallen derselben zu kleinen Stücken und Pulver veranlaßt, oder dieselben wenigstens so mürbe macht, daß dies beim späteren Rösten oder im Hohofen eintritt.

2) Von dem Rösten der Eisenerze.

Das Rösten der Eisenerze besteht in einem Glühen derselben bei Luftzutritt. Man erreicht dadurch ganz ähnliche vortheilhafte Wirkungen wie durch das Verwittern, aber weit schneller und — wenn die Röstung richtig ausgeführt wird — in erhöhtem Grade. Eingemengte Schwefel- und Schwefelarsenik-

Zersetzung der Schwefelmetalle durch Rösten. metalle werden zersetzt und ein Theil ihres Schwefel- und Arsenikgehaltes wird in oxydirter Gestalt verflüchtigt; zugleich aber werden Wasser und Kohlensäure vollständig ausgetrieben. Nur der Phosphor, als phosphorsaure Salze manchen Erzen beigemengt, widersteht sowohl den Einflüssen des Verwitterns als des Röstens. Sehr wesentlich wird die Porosität der Erze durch die Röstung vermehrt. Sogar dichter Eisenglanz und Rotheisenstein werden dadurch mürbe und aufgelockert, indem sie zahlreiche feine Sprünge bekommen; eine Wirkung, welche bei jedem stark erhitzten und darauf schnell abgekühlten Steine eintritt, selbst wenn derselbe durch die Erhitzung durchaus keine chemische Veränderung erleidet. Mehr porös als Eisenglanz und Rotheisenstein wird Magneteisenstein, da bei diesem eine theilweise Oxydation jene Sprünge noch mehr auseinander treibt und ihre Anzahl vermehrt. Die Eisenoxydhydrat-Erze, Spatheisensteine und Sphärosiderite bleiben, nach dem Entweichen des Wassers und der Kohlensäure, in einem sehr aufgelockerten Zustande, verbunden mit sehr feiner, so zu sagen atomistischer Porosität, zurück, wenn dieselben keinem zu starken Hitzgrad ausgesetzt worden sind.

Vermehrung der Porosität durch Rösten.

Wirkungen des Röstens durch Hitze und Oxydation. Die Wirkungen des Röstens sind theils Folgen einer bloßen Erhitzung, theils Folgen einer damit verbundenen Oxydation. Eine bloße Erhitzung ohne Oxydation würde die dem Erze beigemengten Schwefel- und Schwefelarsenikmetalle sehr unvollkommen zerlegen, nämlich aus dem Schwefelkies (FeS_2) nur die Hälfte, aus dem Magnetkies ($nFeS + Fe_2S_3$) nur einen kleinen Theil des Schwefels, und aus dem Arsenikkies ($FeS_2 + FeAs_2$) etwa die Hälfte des Schwefels und Arseniks austreiben. Begünstigen die Umstände dagegen zugleich auch eine Oxydation, so schreitet die Zerlegung jener Verbindungen noch weiter fort. FeS und $FeAs$ werden so weit abgeröstet, daß endlich nur $\ddot{\overline{Fe}}$ mit einem geringen Gehalte an Schwefelsäure und arseniger Säure zurückbleibt. Bei jeder Röstung also, welche nicht ein bloßes Erhitzen (Brennen) des Erzes, sondern zugleich auch die möglichst vollständige Zersetzung der genannten schädlichen Beimengungen zum Zwecke hat, muß dafür gesorgt seyn, daß durch einen Zutritt von atmosphärischer Luft die oxydirenden Wirkungen des Röstens so viel wie möglich befördert werden. Aber selbst unter solcher Vorkehrung gelingt jene Zersetzung selten ganz vollkommen, da die Oxydation nicht hinreichend in das Innere der Erzstücke zu dringen vermag. Doch findet dabei der begünstigende Umstand statt, daß Erzstücke an den Stellen, wo sie größere Mengen von Schwefelkies in ihrer Masse eingeschlossen enthalten, bei der stärkeren Erhitzung Sprünge zu bekommen pflegen. — Schwefelhaltige und arsenikhaltige Erze sollten nie mit reineren Erzen gemengt geröstet werden, weil sich jene Verunreinigungen — namentlich der Schwefelgehalt — leicht den letzteren mittheilen und also im Ganzen in geringerer Menge entfernt werden. — Eine neuere Verbesserung des Röstens, zur vollkommneren Fortschaffung des Schwefels, besteht in der

Anwendung von Wasserdämpfen. Dieselbe wird weiter unten beschrieben werden.

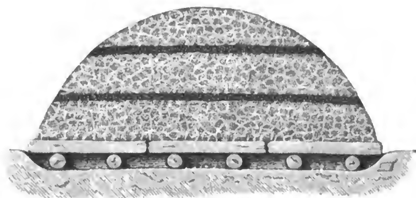
Der Grad der Erhitzung (die Stärke des Feuers) beim Rösten ist von großem Einfluß auf das Gelingen des Processes. Eine mittlere bis lichte Rothglühhitze ist gewöhnlich eine passende Temperatur. Ein zu hoher Hitzgrad bewirkt Zusammensinterung, was um so leichter geschieht, je mehr das Erz durch eingemengte Silicate oder andere, die Schmelzung befördernde Substanzen verunreinigt ist. Reines Eisenoxyd oder Eisenoxydul sind in einem gewöhnlichen Röstfeuer vollkommen unschmelzbar; sie werden aber durch Beimengungen von Granat, Pistazit, Feldspath, Hornblende, Thon, Kalkspath, Braunspath u. s. w. zum Sintern geneigt, um so mehr, wenn einige dieser Mineralien zugleich und fein eingesprengt vorkommen. Spatheisenstein, welcher an und für sich unschmelzbar ist, wird schon durch eine geringe Beimengung von Silicaten oder Kieselerde zum Sintern geneigt, was von der leichten Verschlackbarkeit des Eisenoxyduls herrührt. Zusammengesintertes und dadurch seiner Porosität beraubtes Erz wirkt im Hohofen sehr schädlich. Es widersteht der Einwirkung der reducirenden und kohlenden Ofengase und wird in der Schmelzzone großentheils verschlackt. Ist es in beträchtlicher Menge vorhanden, so hat es, aus nahe liegenden Gründen, die Bildung von weißem Roheisen zur Folge. Ein Umstand, welcher oft an der theilweisen Sinterung des Erzes Schuld zu seyn pflegt, ist das Unterlassen einer Sortirung verschiedenartiger Erze. Leicht sinternde Erze müssen von anderen, welche ein stärkeres Röstfeuer vertragen, getrennt geröstet werden. Ebenso ist darauf zu achten, daß beim Rösten nicht zu viel Röstklein (kleine Brocken und Staub) gebildet wird. Grad der Erhitzung beim Rösten.

Das Rösten der Eisenerze geschieht entweder in Haufen, Stadeln oder Oefen. Diese Vorrichtungen wurden, was die Verhältnisse derselben im Allgemeinen anbelangt, bereits im ersten Bande (S. 63, 65, 73 — 75) beschrieben. Arten des Röstens.

Das Rösten in Haufen ist ein sehr einfacher Proceß, welcher aber nichts desto weniger mancherlei Erfahrungen erfordert, um in Betreff der verschiedenen Erzsorten richtig ausgeführt zu werden. Die Gestalt der Haufen kann eine abgestumpft konische, eine sphärische (meilerförmige), eine abgestumpft pyramidale oder länglich pyramidale seyn. Hierauf kommt im Ganzen wenig an, mehr aber auf die Dimensionen der Haufen. Höher als 6 — 7 Fuß pflegt man keinen Haufen aufzuschichten, weil man sonst Gefahr läuft, daß, bei wenig Brennmaterial, die oberen Erzschichten zu schwach durchbrannt werden, bei reichlichem Brennmaterial aber, durch zu starken Zug, eine theilweise Verschlackung erfolgt. Haufen, welche an ihrer Grundfläche rund oder quadratisch sind, erhalten gewöhnlich einen Durchmesser von 15 — 20 Fuß. Die länglich pyramidalen Haufen verdienen in dem Falle den Vorzug, wenn Das Rösten in Haufen.

es gilt, ein leicht röstbares Erz in möglichst kurzer Zeit zu rösten. Man giebt denselben oft nur eine Breite von 6—7 Fuß und eine Höhe von 3—4 Fuß, aber eine um so größere Länge. Welcher Art der Haufen man sich bedienen mag, stets wird der zur Aufschichtung eines solchen bestimmte, nicht zu sehr der Feuchtigkeit ausgesetzte und zuvor geebnete Boden mit einer einfachen oder doppelten (kreuzweisen), 6—8 Zoll hohen Schicht von Holzscheiten oder größeren Steinkohlenstücken bedeckt, wobei man die Zwischenräume mit kleinerem Brennmaterial (Zweige, Kohlen, Tannenzapfen, Holzspäne, Torf u. s. w.) ausfüllen kann, um dadurch sowohl schlechteres Brennmaterial zu verwenden, als auch das Durchfallen der Erzstücke zu verhindern. Letztere werden, wo möglich von keinem größeren Volum als das einer Faust, auf die Unterlage gestürzt, bis die Schicht derselben eine Höhe von 2—3 Fuß erreicht hat. Darauf kommt eine 2—3 Zoll dicke Schicht kleineres Brennmaterial, welche einer zweiten Erzschicht von 2—3 Fuß zur Unterlage dient, und so fort, bis der Haufen die bestimmte Höhe erreicht hat. Die größeren Erzstücke muß man hierbei in der Nähe des Fundamentes anzubringen suchen und die kleineren im oberen Theile des Haufens, dem dann zuletzt gewöhnlich eine Decke von Erzklein gegeben wird. Diese Decke soll gegen den zu starken Luftzutritt schützen und dadurch ein allzu schnelles Verzehren des Brennmaterials und ein zu lebhaftes Feuer verhindern. Eine zu dicke oder dichte Decke kann aber leicht den Uebelstand herbeiführen, daß die Verbrennung so langsam und unvollkommen vor sich geht, daß viel reducirende Gase gebildet werden, der Vortheil eines oxydirenden Röstens also unerreicht bleibt. Bei Anwendung einer Decke ist es daher rathsam, in der Mitte (vertikalen Achse) des Haufens einen senkrechten Kanal auszusparen, welcher bis auf die unterste Brennmaterialschicht niedergeht und durch den man die Stärke des Feuers reguliren kann. Durch rechtzeitiges Bedecken der oberen Mündung desselben und durch Anbringung seitlicher Zuglöcher in der Decke hat man die Richtung des Feuers in seiner Gewalt. — In Fig. 124 ist ein einfacher sphärischer (meilerförmiger) Rösthaufen abgebildet.

Fig. 124.



Außer der unteren, aus kreuzweise gelegten Scheiten bestehenden Brennmaterialschicht sind in diesem Haufen noch zwei obere, aus kleinerem Brennmaterial gebildete, 2—3 Zoll starke Schichten vorhanden.

Das Rösten in Stadeln.

Bei der Röstung in Stadeln geschieht das Aufschichten von Brennmaterial und Erz ganz ähnlich wie bei der Haufenröstung; nur muß hierbei, da die Stadelmauern den Haufen von drei Seiten umgeben, noch mehr Sorge für einen hinreichenden Luftzutritt getragen werden. Zu dem Ende sind an der Basis der Stadelmauern Zuglöcher angebracht, mit denen man horizontale Kanäle in Verbindung setzt, die, aus größeren Erzstücken gebildet, beim Aufschichten des Haufens ausgespart und mit einem oder mehreren senkrechten, ebenfalls ausgesparten Kanälen in der Längenachsen-Ebene des Haufens in Communication stehen *). Auf solche Art läßt sich der Zug sehr gut reguliren und eine oxydirende Abröstung des Erzes bewirken. Das Aufschichten eines derartigen Stadelhaufens ist aber ziemlich mühevoll und zeitraubend.

Die zweckmäßige Dauer des Röstens in Haufen oder Stadeln ist von der Größe und Construktion dieser Vorrichtungen, der Art der Erze, der Witterung und von noch anderen Umständen abhängig. Kleine (längliche) Haufen leicht röstbarer Erze sind mitunter schon in 8—14 Tagen abgeröstet, während z. B. unreine Magneteisensteine mehrere Wochen, ja mitunter Monate zu ihrer vollkommenen Abröstung bedürfen.

Das Rösten in Oefen.

Das Rösten in Oefen wird in Vorrichtungen von sehr verschiedener Construktion ausgeführt, welche wir zum Theil schon im ersten Bande (S. 73—78) kennen gelernt haben. Man kann die hierbei angewendeten Oefen in zwei Abtheilungen bringen, nämlich 1) Oefen, in denen Erz und Brennmaterial mit einander gemengt (geschichtet) werden, und 2) Oefen, in denen das Erz durch Flammenfeuer geröstet wird, also mit dem Brennmaterial nicht unmittelbar in Berührung kommt. Diese Verschiedenheit ist, wie wir später sehen werden, von wesentlichem Einfluß auf den Röstproceß.

Eintheilung dieser Oefen.

Röstöfen, in denen Erz und Brennmaterial gemengt.

Die Röstöfen, in denen Erz und Brennmaterial mit einander gemengt oder geschichtet werden, sind die ältesten. Die einfachsten derselben sind die Stadelöfen (Bd. I., S. 73) **). Sie werden zuweilen so angelegt, daß die eine ihrer vier Seitenwände durch eine steile Felswand gebildet wird, und gleichen in ihrer Construktion den gewöhnlichen Kalköfen. Nach jedem Brande wird

*) Eine Abbildung hiervon siehe Overman's Manufact. of Iron, 2. Ed., p. 43 und 44.

**) Von dem Bd. I., S. 74 abgebildeten Stadelröstofen hat man sich die Condensationskammern *d*, *d*, *d* und die damit in Verbindung stehenden Kanäle — welche sich auf die Röstung anderer Erze als Eisenerze beziehen — hinwegzudenken.

das abgekühlte Erz herausgezogen und der Ofen neu gefüllt. Eine ungleich besser construirte Art dieser Röstöfen zeigt Fig. 125.

Fig. 125, a.

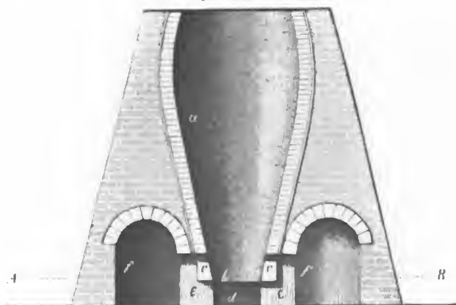
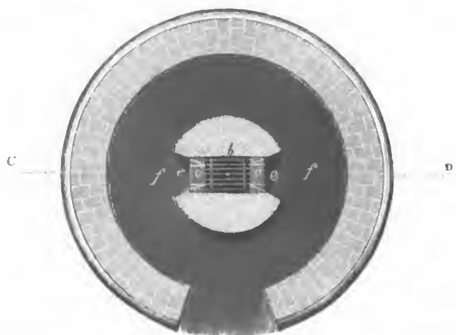


Fig. 125, b.



Schlesischer Röstofen.

Ein Ofen von solcher Construktion, wie dieselbe auf den Königl. Preußischen Eisenhütten in Oberschlesien gebräuchlich ist, hat 14—18 Fuß Höhe im Schacht, oben $6^1/_2$ Fuß, im Bauche $7^1/_2$ Fuß und unten beim Rost 3 Fuß Schacht-Durchmesser. Soll derselbe in Betrieb gesetzt werden, so bedeckt man zuerst den Rost *b* in der Weise mit Ziegeln oder anderen flachen Steinen, daß dieselben hinreichende Zwischenräume für den Luftzug offen lassen. Hierdurch wird nicht allein der eiserne Rost geschont, sondern auch ein zu starker Luftzug vermieden. Auf diese Unterlage legt man eine Schicht Zündholz, darüber einige grobe Steinkohlen, und füllt sodann den Schacht mit abwechselnden Schichten von Brennmaterial und Erz bis zur Gicht. Als Brenn-

material dienen kleine Kohks (Abfälle) *), welche man zum besseren Brennen mit 1/3 kleinen Steinkohlen zu versetzen pflegt. Von diesem gemengten Brennmaterial werden etwa 1/3 bis 2/5 Cub.-F. erfordert, um 3 Ctr. oder 3½ rheinl. Cub.-F. Eisenerz (Brauneisenstein) zu rösten. Der so gefüllte Ofen, dessen untere (Zieh-) Oeffnungen *c*, *c* mit Ziegeln zugesetzt sind, wird beim Roste in Brand gesteckt. Nach 24 Stunden werden jene Ziegeln entfernt und man zieht aus den Ziehöffnungen so viel Erz, als sich als gut durchbranntes zu erkennen giebt. Das rohere Erz, gewöhnlich nach der Ziehung der Hälfte des ganzen Schachtinhaltes erfolgend, wird im Ofen gelassen, die Ziehöffnungen werden wieder geschlossen und der Ofen wird mit neuen Erz- und Brennmaterialschichten bis zur Gicht gefüllt. Darauf zieht und füllt man nach je 12 Stunden ungefähr (höchstens) die Hälfte des im Schachte enthaltenen Erzes. Der Röstproceß geht unausgesetzt fort und liefert binnen kurzer Zeit beträchtliche Quantitäten von geröstetem Erz. Auf größeren Eisenwerken, wo man mit einem solchen Ofen nicht ausreicht, werden zwei oder mehrere unmittelbar neben einander angelegt, wobei sich zugleich eine Ersparung an Mauerwerk herausstellt.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß bei einem Röstofen auf die Construktion nicht so viel ankommt, als dies bei einem Hohofen der Fall ist. Man hält sich daher auf den verschiedenen Eisenhüttenwerken bei der Erbauung von Röstöfen selten streng an bestimmte Muster, sondern weicht nach Gutdünken und Umständen davon ab. Ein Röstofen auf der Königshütte in Oberschlesien, im Allgemeinen ganz von der Construktion des vorigen, hat 15 Fuß Schachthöhe, 7 Fuß oberen, 8½ Fuß größten und 2¾ Fuß unteren Schachtdurchmesser. Die Ziehöffnungen sind 1¼ Fuß hoch und 2 Fuß breit. Der Ofen wird gefüllt durch 6 Gichten (Lagen, Schichten) Eisenerz und 6 Gichten Cynders und Steinkohlenklein. 1 Gicht Eisenstein enthält ungefähr 15 Tonnen und 1 Gicht Brennmaterial gegen 1½ Tonne. Da 1 Tonne Eisenstein nahe 5 Ctr. wiegt, so faßt der ganze Ofen folglich 450 Ctr. Eisenstein.

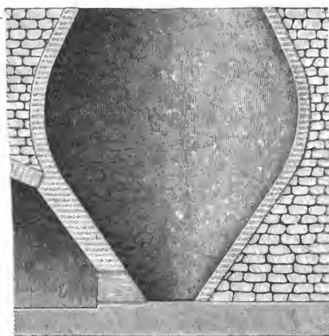
Der eiserne Rost (b, Fig. 125), welcher bei den beschriebenen Oberschlesischen und ähnlichen Röstöfen nur zum Luftzutritt dient, wird bei anderen Röstöfen zugleich zum Ziehen des Erzes benutzt. Die einzelnen Roststäbe liegen nämlich lose auf zwei eisernen Unterlagen, so daß dieselben beliebig verrückt und entfernt werden können. Bei ihrem Herausnehmen fällt das geröstete Erz in den unter dem Roste befindlichen Raum (*d*) und wird aus diesem weggezogen. Auf solche Weise wird die Anbringung eigentlicher Ziehöffnungen (*c*, *c*) überflüssig; doch ist das Ziehen mit mehr Schwierigkeit verbunden, und der Rost pflegt dabei sehr zu leiden. Modification dieses Ofens.

*) Auf der Königshütte wendet man hierbei die auf der Lydognia-Zinkhütte in großer Menge fallenden Cynders an.

In noch anderen Röstöfen fehlt jener Rost ganz. Der Boden des Ofens besteht aus massivem Mauerwerk und der Luftzutritt findet durch die nur lose mit Steinen versetzten Ziehöffnungen statt. Eine solche Construktion besitzen die von Walter erbauten Röstöfen auf dem Eisenhüttenwerke Lavoulte im Ardèche-Departement. Auch bei diesen Oefen nähern sich die Schacht-Contouren der Eiform, doch von einem anderen Verhältnisse der Dimensionen als beim Oberschlesischen Röstofen. Schachthöhe = $5\frac{1}{2}$ Meter (17 F. 6 Z.); Durchmesser an der Gicht = $3\frac{1}{2}$ Meter (11 F. 2 Z.); Durchmesser im Bauche = $4\frac{1}{2}$ Meter (14 F. 4 Z.); Durchmesser auf der Sohle = 1 Meter (3 F. 2 Z.); Höhe der größten Bauchweite über der Sohle = $4\frac{1}{2}$ Meter (14 F. 4 Z.). Unten sind drei gegeneinander rechtwinklig liegende Ziehöffnungen angebracht, so daß die hintere (vierte) Ofenseite ohne eine solche Oeffnung ist. Jede Ziehöffnung ist $\frac{1}{2}$ Meter (1 F. 7 Z.) hoch und 0,45 Meter (1 F. 5 Z.) breit. Die Contouren des Schachtes im senkrechten Durchschnitt sind ungefähr, wie sie Fig. 126 angiebt.

Französischer Röstofen.

Fig. 126.



In der Höhe und im Durchmesser an der Sohle stimmt dieser Ofen mit dem Oberschlesischen (Fig. 125) nahe überein; dagegen ist derselbe durch bedeutend größere Weite an der Gicht und durch fast doppelt so großen Durchmesser im Bauche von letzterem verschieden. In dem Ofen von Lavoulte röstet man täglich 250—315 Ctr. Erz (dichten und ockrigen Rotheisenstein) und verbraucht dazu dem Gewichte nach 4—5 Proc. eines Gemenges von Steinkohlen- und Kohksklein.

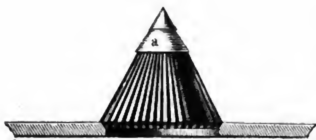
Böhmischer Röstofen.

Auf dem Eisenhüttenwerke zu Neudeck in Böhmen wendet man einen Röstofen von eigenthümlicher Construktion des Rostes an *). Der Schachtraum ist ungefähr 15 Fuß hoch, in den oberen zwei Dritteln seiner Höhe cylinderförmig (mit etwa $6\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser), und in dem unteren Drittel von der Gestalt eines abgestumpften und umgekehrten Kegels, an der Sohle von etwa 4 Fuß Durchmesser. Auf dieser Sohle erhebt sich ein kegelförmiger Rost, wie Fig. 127 zeigt. Die eisernen Roststäbe werden durch einen eisernen Hut *a* zusammengehalten, welcher von einer in der Achsenlinie des Kegels

*) Weniger, der praktische Schmelzmeister, S. 28.

angebrachten 3 Zoll starken eisernen Stange getragen wird. Der ganze Kegel ist 3 Fuß hoch und 3 Fuß breit. Er hat, nächst der Beförderung des Luftzutrittes, den Zweck, das Herausrollen des Erzes beim Ziehen zu begünstigen, welches durch drei symmetrisch angebrachte Ziehöffnungen geschieht. Beim Gebrauch des Ofens werden zuerst 30 Cub.-F. Holzkohlenklein in den Schacht gestürzt, wodurch der Rost bis 1 Fuß hoch über seiner Spitze bedeckt wird; darauf kommen 1 Schicht von 220 Cub.-F. und 2 Schichten von 200 Cub.-F. Erz, welche durch 2 Schichten von Kohlenlösche, die eine von 24 Cub.-F. und die andere von 20 Cub.-Fuß getrennt werden. Nach 48 Stunden sieht man die Röstung für beendet an, leert den ganzen Ofen und füllt ihn sogleich wieder.

Fig. 127.



Flammröstöfen.

Diejenigen Röstöfen, in denen das Erz nicht mit dem Brennmaterial, sondern nur mit der Flamme desselben in Berührung kommt, heißen Flammröstöfen. Wenn auch alle nach demselben Principe construirt, sind sie doch von zum Theil sehr abweichender Bauart. Einen Flammröstofen mit ellipsoidischem Schachtraume zeigt Fig. 128.

Fig. 128, a.

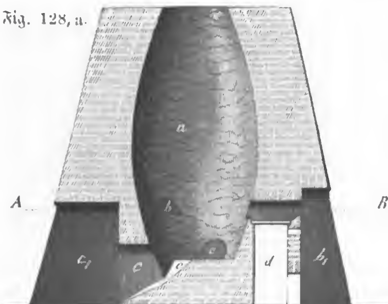
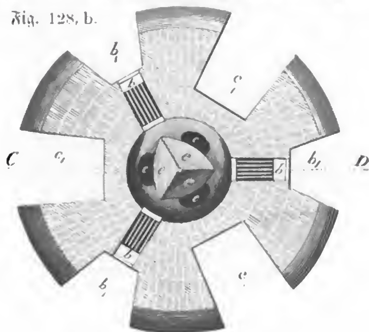


Fig. 128, b.



Ellipsoidischer Flammröstofen.

Derselbe ist bereits Bd. I., S. 77 näher beschrieben worden. Was seine Dimensionen betrifft, so ist er von etwa $17^1/_2$ Fuß Schachthöhe (bis zur Spitze der geneigten Ebenen *e, e, e* gemessen), 4 Fuß Schachtdurchmesser an der Gicht, und eben so viel an der

Basis (bei den Ziehöffnungen *c, c, c*). Indem man sowohl die Feuerungs- und Ziehöffnungen, als auch die Aschenfälle mit Thüren verschließbar macht, hat man den Zug und überhaupt die in einer gewissen Zeit durch den Schachtraum strömende Luftmenge ganz in seiner Gewalt. Ein zu hoher Hitzgrad läßt sich sogleich durch Oeffnen der Ziehöffnungen mäßigen, was allerdings auf Kosten des Brennmaterials geschieht, aber mit dem günstigen Umstande verknüpft ist, daß es die oxydirende Wirkung des Röstens befördert.

Schwedischer Flammröstofen. Die auf mehreren Schwedischen und Norwegischen Eisenhüttenwerken angewendeten Flammröstöfen weichen besonders dadurch von dem eben beschriebenen ab, daß die Feuerung unmittelbar im Ofen selbst geschieht, wodurch eine bessere Benutzung der Wärme stattfindet. Auch die Construktion eines derartigen Ofens wurde bereits früher (Bd. I., S. 74) angegeben, und es ist nur noch das Erforderliche in Betreff der Dimensionen hinzuzufügen.

Fig. 129, a.

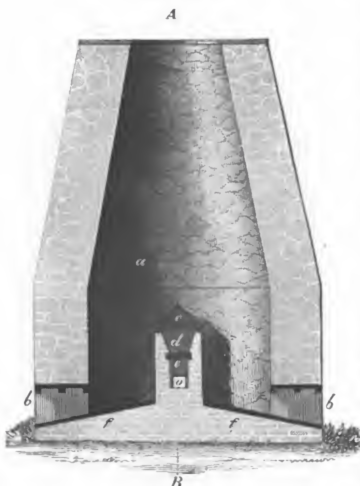
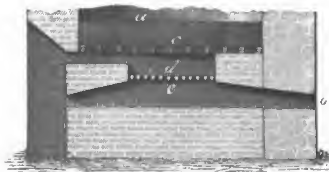


Fig. 129, b.



Höhe des Schachtes von der Gicht bis zum Anfang der schiefen Ebenen *f, f,* = 18 F. 6 Z.; Durchmesser des Schachtes an der Gicht = 4 F. 6 Z., unten im cylindrischen Theile des Ofens = 9 F. 2 Z.; Höhe dieses cylindrischen Theiles (bis zum Anfang der schiefen Ebenen *f, f*) = 6 F.; ganze Höhe der Feuerungsvorrichtung von der Firstlinie der „Schweinerücken" (G r i s e r y g) *c* bis zum Anfang der schiefen Ebenen = 5 F. 2 Z.; Höhe des eigentlichen Feuerungsraumes *d* = 1 F. 6 Z., untere Breite desselben = 1 F. und obere Breite = 1 F. 10 Z.; Länge dieses Feuerungsraumes (s. Fig. 129, b) = 4 F. 6 Z.; Höhe des Aschenfalles *e* = 1 F. 6 Z.; vordere Höhe der Ziehöffnungen

b, b = 2 F. — In Schweden und Norwegen bedient man sich als Feuerungsmaterials in diesen Oefen größtentheils des Kloben- und Scheitholzes. In holzärmeren Gegenden würde dies allerdings ökonomisch nicht ausführbar seyn; ohne Zweifel ließe sich aber auch mit billigerem Brennmaterial ein gutes Resultat erreichen, sobald dasselbe nur hinreichend Flamme giebt.

Röstung mit Anwendung von Wasserdämpfen.

Eine sehr wesentliche Verbesserung beim Rösten der Eisenerze besteht in der Anwendung von Wasserdämpfen. S. 30 wurde auseinandergesetzt, welchen vortheilhaften Einfluß die bis zu einer gewissen Menge angewendeten Wasserdämpfe auf den Hohofenproceß ausüben, indem sie den Schwefelgehalt des Roheisens beträchtlich vermindern. Eine ganz ähnliche Wirkung haben die Wasserdämpfe, wenn man sich ihrer bei der Röstung schwefelkieshaltiger oder mit anderen Schwefelmetallen verunreinigter Erze bedient. Im Jahre 1843 wurden in Russisch-Finnland auf dem Eisenwerke Dals-Bruck, nach dem Vorschlage von Nordenskjöld's (Oberintendanten des Finnländischen Bergwesens), mehrere Versuche ausgeführt, schwefelkieshaltige Magneteisensteine mit Beihülfe von Wasserdämpfen zu rösten. Die Röstung geschah in gewöhnlichen, daselbst gebräuchlichen Rumford'schen Oefen (mit Flammenfeuerung, wie Fig. 128). Bei dieser Röstung wurde der beigemengte Schwefelkies vollkommen zersetzt, und nach Verschmelzung der Erze im Hohofen und Verfrischung des erhaltenen Roheisens erhielt man ein vortreffliches Stabeisen, welches nicht eine Spur Rothbruch zeigte. Seit dieser Zeit bedient man sich sowohl in Finnland wie auch im Ural des Dampfröstens der Eisenerze und wendet dabei zur Feuerung entweder Holz oder Hohofengase an. Im Jahre 1845 verbesserte von Nordenskjöld die Construktion der Röstöfen, indem er denselben eine ganz ähnliche Einrichtung gab, wie wir soeben bei den Schwedischen und Norwegischen Flammröstöfen (Fig. 129) kennen gelernt haben. Es wird daher genügen, hier nur auf wesentliche Verschiedenheiten in der Construktion aufmerksam zu machen.

Russischer Dampf-Flammröstofen.

Man erblickt in Fig. 130 (s. f. S.) die in Fig. 131, a, b abgebildete Feuerungsvorrichtung des Röstofens in etwas modificirter Art. Auf den Schweinerücken *c* läuft ein eisernes Dampfrohr *r* hin, welches an zwei einander gegenüberliegenden Seiten mit je acht kleinen Oeffnungen versehen ist, durch welche der — in einem Dampfkessel erzeugte und von da in das Rohr *r* geleitete — Dampf in den Ofen tritt, und sich hier mit dem aufwärts steigenden Strom der Ofengase mengt. Das Dampfrohr *r* wird durch das darüber angebrachte spitze, gußeiserne Dach *s* beschützt. Die ganze Feuerungsvorrichtung, deren dossirte Seitenwände noch mit den eisernen Platten *f, f* versehen sind, hat eine Gestalt, welche das Ausziehen des gerösteten Erzes sehr begünstigt und das Mauerwerk vor Beschädigung schützt.

Um die günstigste Wirkung der Wasserdämpfe auf das in der Röstung befindliche Eisenerz zu erreichen, ist ein gleichzeitiger Luftzutritt durchaus erfor-

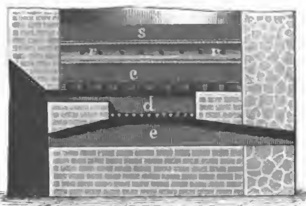
Russischer Dampf-Flammröstofen.

derlich. Schwefeleisen und Wasserdämpfe zerlegen einander, wie schon oben angeführt, zu Eisenoxydul und Schwefelwasserstoff. Würde letzteres in den oberen Theil des Schmelzofens gelangen, so würde es hier jedenfalls theilweise zerlegt werden und eine neue Portion Schwefeleisen bilden, was die möglichst vollständige Entschwefelung des Erzes nichts weniger als begünstigen könnte. Findet dagegen ein hinreichender Luftzutritt statt, so verbrennt der gebildete Schwefelwasserstoff sogleich zu schwefliger Säure, welche bei ihrem Aufsteigen durch das Erz von keinem schädlichen Einfluß ist. —

Fig. 130, a.



Fig. 130, b.



Vergleichung der verschiedenen Röstmethoden hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit.

Bei einer Vergleichung der verschiedenen Röstmethoden hinsichtlich ihrer nützlichen Leistungen hat man sowohl auf den dabei stattfindenden *Brennmaterial-Verbrauch* als auf den *erreichten Grad der Oxydation* Rücksicht zu nehmen. In Bezug auf Brennmaterial-Verbrauch ist die Röstung in freien Haufen die am wenigsten vortheilhafte; etwas günstiger stellt sich das Verhältniß bei der Stadelröstung, am günstigsten aber bei der Ofenröstung. Nach *af Uhr**) verhält sich das zur Haufenröstung nöthige Quantum des Brennmaterials zu dem bei der Ofenröstung erforderlichen, unter sonst gleichen Umständen, etwa wie 17 : 11. Bei den Flammröstöfen dürfte verhältnißmäßig etwas mehr Brennmaterial verbraucht werden, als bei den Oefen, in welchen Brennmaterial und Erz mit einander gemengt (geschichtet) angewendet werden. In Betreff des zweiten Punktes aber, nämlich der zur Zerlegung der Schwefelmetalle unerläßlichen *oxydirenden* Wirkung des Röstprocesses, ergeben sich die letztgenannten Oefen offenbar als die mangelhaftesten Vorrichtungen, welche selbst den freien Haufen und Stadeln nach-

*) *Erdm.* Journ. f. techn. und ökonom. Chem. Bd. 8, S. 306.

stehen; denn der in diesen Oefen aufsteigende heiße Gasstrom wird eher von reducirender, als von oxydirender Wirkung seyn. Folglich stellen sich als die im Ganzen vortheilhaftesten Vorrichtungen zur Röstung der Eisenerze die Flammröstöfen, und unter diesen wieder die mit Anwendung von Wasserdämpfen betriebenen, heraus.

Sehen wir von den, bis jetzt fast ausschließlich nur in Rußland angewendeten, Dampf-Röstöfen ab, und es handelt sich um die zweckmäßigste Vorbereitung der Eisenerze sowohl durch Röstung als Verwitterung, so würde dieselbe folgendermaßen vorzunehmen seyn. Röstung der Erze (am besten in Flammröstöfen); darauf folgendes, wenigstens einjähriges Verwittern (und nach Befinden: Wässern, Auslaugen) derselben; abermaliges Rösten oder vielmehr nur Brennen derselben, was am vortheilhaftesten in einer Art Flammofen geschieht, den man auf der Gicht des Hohofens anbringt und durch die Gichtflamme heizt. Diese Benutzung der Gichtflamme ist sehr zu empfehlen; zu einem völligen Abrösten aber ist dieselbe nicht hinreichend. Zweckmäßigste Vorbereitung der Eisenerze durch Röstung und Verwitterung.

Es giebt noch so manche Eisenwerke, bei denen die Erze, wie sie aus der Grube kommen, in den Hohofen gebracht und verschmolzen werden. Bei schwefelhaltigen Erzen ist dies unter allen Umständen unrichtig; bei schwefelfreien Erzen kann es nur dann gebilligt werden, wenn ein vermehrter Aufwand an Brennmaterial (durch große Wohlfeilheit desselben) von keinem Belang ist. Nach Sefström*) verbraucht man bei der Verschmelzung ungerösteter Erze, welche 16 Proc. Feuchtigkeit enthalten, ungefähr 5 Proc. mehr an Kohlen als bei Verschmelzung derselben Erze im gerösteten Zustande.

3) Von dem Pochen oder Quetschen der Eisenerze.

Von der zweckmäßigen Zerkleinerung der gerösteten Eisenerze ist, als von einem rein mechanischen Processe, nur Weniges anzuführen. Man bedient sich dazu theils der Pochwerke, theils der (Quetsch-) Walzwerke. Von der Haupteinrichtung beider ist schon früher (Bd. I., S. 126) die Rede gewesen. Die Erze sollen durch diese Vorrichtungen zu Stücken von Haselnuß- bis Wallnußgröße zerkleinert werden. Sehr leicht reducirbare Erze, wie Spatheisensteine, kann man auch in Stücken von größerem Volum anwenden. Die Walzwerke sind den Pochwerken im Allgemeinen vorzuziehen, da sie, bei zweckmäßiger Construktion, nicht zur Bildung so viel staub- und pulverförmigen Erzes Veranlassung geben, als letztere. Wenn Erzklein und Erzpulver in beträchtlicher Menge vorhanden sind, sollten sie stets von dem gröberen Erze, mittelst Durchwürfe und Siebvorrichtungen, getrennt werden. Die nachtheiligen Einflüsse des zu feinen Erzes auf den Hohofengang wurden

*) Erdm. Journ. f. techn. und ökonom. Chem. Bd. 4, S. 314.

schon oben auseinandergesetzt. Dazu kommt aber noch, daß ein großer Theil des Erzstaubes als Gichtsand aus dem Ofen geblasen wird. Auf mehreren Eisenhüttenwerken wird die Einsümpfung des Erzstaubes und Erzkleins durch Kalkmilch und Verschmelzung der aus diesem Gemenge geformten Stücke (Schmelzziegel) mit Vortheil angewendet. Nur darf man mit dem Zusatze der durch Kalk gebundenen Erze nicht viel über $^1/_{12}$ der ganzen Beschickung steigen.

C. Von der reducirenden Schmelzung der Eisenerze.

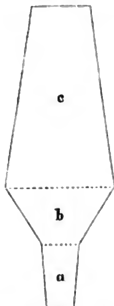
1) Construktion der Eisenhohöfen.

Unter Construktion eines Eisenhohofens verstehen wir hier ausschließlich die Gestalt des inneren Ofenraumes. Die Construktion der Ofenmauern und des Fundamentes gehören nur so weit in den Kreis unserer Betrachtungen, als davon bereits im ersten Bande die Rede war.

Gestalt der Eisenhohofenschächte im Allgemeinen.

Warum giebt man dem Schachte eines Eisenhohofens stets eine Gestalt welche der in nebenstehender Figur (Vertikal-Durchschnitt) mehr oder weniger ähnlich ist? Diese Frage findet ihre Beantwortung in Folgendem. Der untere Raum *a*, das Gestell, in welchem die Düsen einmünden, darf keinen beträchtlichen Querschnitt haben, weil es in diesem Theile des Ofens darauf ankommt, einen Hitzgrad zu erzeugen, bei welchem Roheisen mit Leichtigkeit schmilzt. Daß dieser Hitzgrad zum Theil von dem Ofenquerschnitte abhängig ist und mit der Größe desselben abnimmt, ist bereits oben (S. 40) gezeigt worden. Oberhalb des Schmelzraumes aber, also oberhalb *a*, wirkt ein starker Hitzgrad schädlich. Die Kohlung geht, wie wir gesehen haben (S. 5), am besten vor sich, wenn sie durch kein Zusammensintern des Erzes beeinträchtigt wird. Es muß sich folglich der Ofen über *a* plötzlich erweitern, wodurch der Rastraum *b* gebildet wird. Allein in dieser Dossirung kann man die Ofenwände nicht bis zur Gicht führen; die bei der Rast eintretende Erweiterung des Ofens muß wieder abnehmen, sonst würde die oberhalb *b* liegende Beschickung zu wenig durch die Ofengase vorbereitet werden. Man giebt daher dem oberen (eigentlichen) Schachtraume *c* entweder die Gestalt eines abgestumpften Kegels (Fig. 132, *A*) oder — selten — die eines Cylinders (Fig. 132, *B*).

Fig. 131.

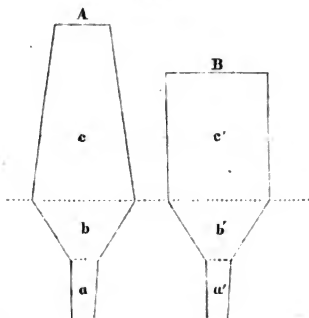


Einfluß der konischen und der cylindrischen Schächte.

Angenommen, man hätte zwei Hohöfen von gleicher Capacität (gleichem räumlichen Inhalt), den einen von der Gestalt Fig. 132, *A*, und den anderen von der Gestalt 132, *B*, so daß $a = a'$, $b = b'$ und (dem Inhalte nach) $c = c'$. In beiden Hohöfen wird die im Schachte enthaltene

Beschickung, bei sonst gleichen Verhältnissen, während einer gegebenen Zeit

Fig. 132.



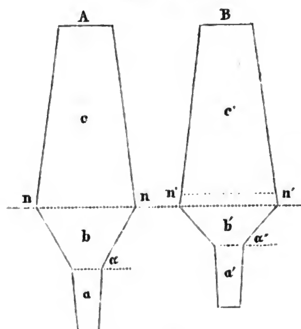
von einer gleichen Menge Ofengase durchströmt, und folglich auf gleiche Weise zum Schmelzen vorbereitet und zum Schmelzen gebracht. So ist es wenigstens der Theorie nach; bei der praktischen Ausführung dagegen erleidet dieser Hergang eine bedeutende Modifikation. Die Schichten des Brennmaterials und der Beschickung gehen in dem cylindrischen Ofen an den senkrechten Ofenwänden gleichförmig nieder, was in dem konischen Ofen nicht der Fall ist. In letzterem erweitert sich der Schachtraum von der Gicht abwärts; jene Schichten erhalten dadurch bei ihrem Hinabsinken eine Tendenz zu einer entsprechenden Ausbreitung, was eine Auflockerung derselben nach sich zieht. Je kleiner der Durchmesser der Gicht im Verhältniß zu dem des Kohlensackes (am oberen Ende der Rast) ist, desto weniger werden jene Schichten der beträchtlichen Breitezunahme des Ofens folgen können, und als unmittelbare Wirkung davon wird sich zunächst den Ofenwänden ein mantelförmiger Raum bilden, wo Brennmaterial und Beschickung lockerer liegen als nach innen zu, und wo folglich die Ofengase bei ihrem Aufsteigen den geringsten Widerstand finden. Ein solches Verhältniß zieht aber den Uebelstand einer ungleichförmigen Vorbereitung durch die Ofengase nach sich, indem die den Ofenwänden zunächst liegenden Erze der Einwirkung dieser Gase weit mehr ausgesetzt sind, als die nach innen zu befindlichen. Man könnte hieraus folgern, daß ein cylindrischer Ofenschacht, weil er ein gleichförmigeres Aufströmen der Ofengase veranlaßt, einem konischen Schachte in allen Fällen vorzuziehen sey. Dies würde vollkommen wahr seyn, wenn man auf allen Eisenhüttenwerken Erze von einem richtigen Grade der Zerkleinerung anwendete und anwenden könnte. Theils weil es die Umstände nicht anders gestatten, theils auch wohl aus Unachtsamkeit, werden aber oft Beschickungen angewendet, welche, vermöge ihres kleinen Kornes oder ihrer sogar pulverförmigen Beschaffenheit, das Aufströmen der Ofengase sehr behindern. In solchen Fällen dient ein konischer Ofenschacht wenigstens zu einiger Auflockerung, ohne jedoch dem Uebelstande der ungleichförmigen Vertheilung der Ofengase ganz abzuhelfen. Wo man dagegen Beschickung und Brennmaterial in nicht zu kleinen Stücken und zugleich letzteres von nicht zu leichter Zer-

drückbarkeit anwendet, kann man sich mit gutem Erfolge eines cylindrischen Schachtes bedienen. Ein solcher gewährt überdies noch den Vortheil, daß er, bei gleicher Capacität, eine geringere Wandfläche als ein konischer Schacht besitzt und folglich einem geringeren Wärmeverluste hinsichtlich der Wärmeableitung durch die Ofenwände ausgesetzt ist*).

Einfluß des Rastwinkels nach der Theorie.

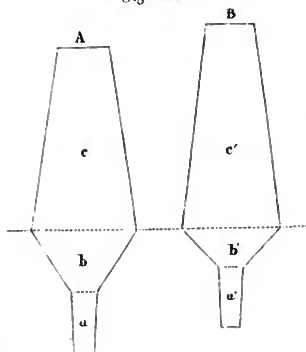
Die Dossirung der Rastwände oder die Größe des Rastwinkels (α) ist ebenfalls von Einfluß auf den Hohofenproceß. In zwei Hohöfen von ungleicher Capacität, A und B, Fig. 133, in denen $a = a'$ und $c = c'$, deren Rastwinkel α und α' aber verschieden sind, muß $b > b'$ seyn.

Fig. 133.



In dem Ofen B wird deshalb die Grenze zwischen der Kohlungs- und Reduktionszone, welche in A etwa bei nn liegt, mehr nach oben rücken und etwa bei $n'n'$ zu liegen kommen. Zugleich aber werden sowohl Kohlungs- als Reduktionszone des Ofens B nicht völlig das Volum erreichen können, welches diese Zonen im Ofen A besitzen, weil in diesem — wegen seiner größeren Capacität — die Beschickung besser vorgewärmt wird. Doch wird dieser Nachtheil dadurch mehr oder weniger compensirt, daß die schwache Dossirung der Rast des Ofens B einen geringeren Hitzgrad der Kohlungszone zur Folge hat, als im entsprechenden Theile des Ofens A, hierdurch also die Kohlung wieder begünstigt. — In zwei Hohöfen von gleicher Capacität, A und B, Fig. 134, (von denen dem Ofen B durch die größere Schachthöhe zugelegt ist,

Fig 134



*) Hohöfen mit cylindrischen Schächten sind, so viel mir bekannt, nur auf einigen Englischen Eisenwerken in Gebrauch.

was ihm durch das geringere Volum des Rastraumes *b'* abgeht), werden Kohlungs- und Schmelzzone — wenn auch von verschiedener Gestalt, doch — von gleichem räumlichen Inhalte seyn. Zu Gunsten des Ofens *B* bleibt hier, da die Vorwärmung der Beschickung in beiden Oefen gleich groß ist, der oben gedachte Vortheil übrig, welcher in dem geringeren Hitzgrade der Kohlungszone und — in Folge hiervon — in einer höheren Kohlung (vor der Schmelzung) und folglich auch leichteren Schmelzung des gekohlten Eisens besteht. Da diese leichtere Schmelzbarkeit zu einem geringeren Brennmaterial-Aufwande benutzt werden kann, so ergiebt sich: daß flache Rasten im Allgemeinen mit einer Ersparung an Brennmaterial verbunden sind*).

Halten wir das so eben gewonnene Resultat fest, so finden wir, daß dasselbe keiner extremen Anwendung fähig ist, und daß folglich die Frage entstehen muß, welcher Rastwinkel der vortheilhafteste sey? Bei einer fast horizontalen Rast würde die Beschickungs- und Brennmaterialsäule fest aufsitzen und der Schmelzproceß sehr bald ins Stocken gerathen. Aber auch bei einem Rastwinkel von 20° — 30° ist die Tendenz der Schmelzsäule zum Nachrücken in das Gestell immer noch eine sehr geringe. Es können sich unter solchen Verhältnissen oberhalb der Schmelzzone leicht hohle Räume in der Schmelzsäule bilden, was einen sehr unregelmäßigen Ofengang herbeiführen würde. Giebt man, um dies zu vermeiden, dem Gestell eine größere Weite, so wird dadurch der Hitzgrad in der Schmelzzone herabgezogen, oder vielmehr die Grenze zwischen Schmelz- und Kohlungszone kommt niedriger (unter *nn*) zu liegen. Ein Theil der Beschickung würde unter diesen Umständen ziemlich todt auf der Rast ruhen, und nur in größerer Nähe der centralen Achsenlinie des Ofens würde ein lebhafteres Nachrücken der Gichten (Schichten des Brennmaterials und der Beschickung) erfolgen. Bei Anwendung sehr flacher Rasten ist man daher nicht allein genöthigt, ein Gestell von größerer Weite anzuwenden, sondern zugleich auch letzteres um so viel zu erniedrigen,

Welcher Rastwinkel ist der vortheilhafteste?

*) K. A. Weniger (der praktische Schmelzmeister, S. 75) giebt an, daß nach seinen Erfahrungen der Kohlenverbrauch bei Rastwinkeln von 65°, 55°, 45° und 25° sich verhalte wie respektive $3\frac{1}{4} : 2\frac{1}{4} : 1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{8}$ Wenn auch diese bedeutenden Unterschiede in den verbrauchten Kohlenmengen zum Theil von ganz anderen Umständen als vom Rastwinkel herrühren dürften, so erscheint das Resultat doch jedenfalls als ein beachtenswerthes. Auch auf dem Harze ist man der Ansicht, daß flache (40° — 45° betragende) Rasten von vortheilhafter Wirkung auf den Schmelzproceß sind. Von vielen anderen Seiten her wird das Gegentheil behauptet. Jedenfalls kommen hierbei mancherlei Umstände in Betracht, welche weder ein absolut günstiges noch ein absolut ungünstiges Urtheil gestatten. Bei Kohks-Hohöfen, die mit stark gepreßtem Winde betrieben werden, können flache Rasten schon aus dem Grunde von keinem besonderen Effekte seyn, weil sie bald wegschmelzen.

daß die am unteren Theile der Rast befindliche Beschickung allmälig wegschmelzen und anderen Theilen der nachrückenden Schmelzsäule Platz machen kann. Allein der Erweiterung des Gestells sind dadurch Grenzen gesetzt, daß ein um so größerer Theil der Schmelzsäule unmittelbar bis ins Gestell, ja selbst bis in den Heerd drückt, was von verschiedenen Uebelständen begleitet ist. Bei einem normalen Ofengange ist dieser Druck nicht stärker, als daß er das allmälige Nachrücken der Schmelzsäule nur in solchem Maße bewirkt, daß der durch Verzehrung des Brennmaterials und durch Niederschmelzen des Eisens und der Schlacke entstandene Raum stets wieder gleichmäßig ausgefüllt wird. Hierbei ist die Dossirung der Rast und die obere Weite des Gestells natürlich von großem Einfluß.

Einfluß des Rastwinkels in der Praxis.

Theoretische Untersuchungen über den vortheilhaftesten Rastwinkel brauchen jedoch kein minutiöses Resultat anzustreben. Durch gewisse, in der Praxis stattfindende Umstände werden wir dieser Mühe enthoben. Gestell und Rast bleiben bei einem im Betriebe stehenden Hohofen nicht lange von derjenigen Form, in welcher man sie herzustellen für zweckmäßig erachtete. Sie werden — besonders bei stark gepreßtem erhitzten Winde und festem Brennmaterial — oft sehr bald durch Abschmelzen des Mauerwerkes verändert. Bis zu welchem bedeutenden Grade diese Veränderungen eintreten können, gewahrt man mitunter an den ausgeblasenen Hohöfen. Folgendes ist ein aus der Wirklichkeit entnommenes Beispiel hiervon. Ein Eisenhohofen besaß in seinem neu hergestellten Zustande eine Construktion, wie Fig. 135, a, b angiebt.

Fig. 135, a.

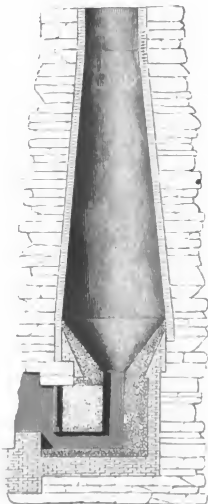
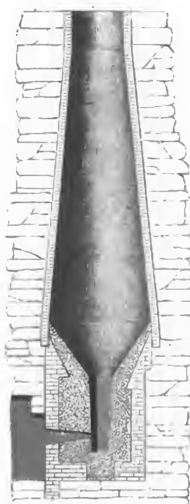


Fig. 135, b.

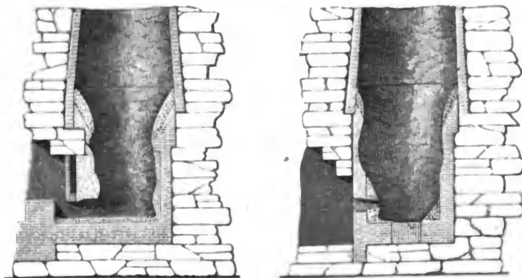


Nach Beendigung der Schmelz-Campagne zeigte sich das Innere dieses Ofens, vom Kohlensack abwärts, in der Weise verändert, wie in Fig. 136, a, b dargestellt ist.

Von der Rast war fast nichts mehr übrig

geblieben, und Gestell und Kohlensack waren beinahe von gleicher Weite geworden.

Fig. 136, a u. b.



Daß eine Schmelz-Campagne bis zu einer solchen Deformität des Ofenschachtes fortgesetzt und dabei immer noch ein leidlich graues Roheisen erhalten werden kann, scheint alle scharfen Regeln in Betreff der Construktion der Rast und des Gestelles überflüssig zu machen. Allein so weit darf denn doch die Sorglosigkeit keineswegs gehen, wie sich aus folgenden Umständen ergiebt. Die Erzeugung eines grauen Roheisens bei sehr erweitertem Gestell und theilweise niedergeschmolzener Rast wird nur dadurch ermöglicht, daß sich hierbei an die Gestellwände gesinterte Massen, oft großentheils aus einem kohlearmen Eisen (Frischeisen) bestehend, ansetzen und so gewissermaßen an die Stelle des zerstörten Mauerwerks treten*). Je weniger dies geschieht, je mehr sich also Gestell- und Rastraum wirklich erweitern, desto schwieriger wird es, den Ofen in der Produktion von grauem Roheisen zu erhalten, was sich dann gewöhnlich nur durch eine entsprechende Aufopferung an Brennmaterial erreichen läßt. Wenn also auch eine skrupulöse Genauigkeit hinsichtlich des Rastwinkels und der Gestellweite nicht durch einen entsprechenden Erfolg belohnt werden dürfte, so ist doch eine gewisse Sorgfalt hierbei ohne Zweifel von Nutzen; und zwar von so größerem Nutzen: je mehr die Feuerfestigkeit des zur Rast und zum Gestell angewendeten Baumaterials eine längere Dauer dieser wichtigen Ofentheile garantirt**).

*) In Hohöfen, welche sehr lange Schmelz-Campagnen gehabt haben, findet man solche zusammengesinterte Frischeisen-Massen oft von außerordentlicher Größe. Wenn ich nicht irre, habe ich vor etwa 12 Jahren bei der Rothen Hütte auf dem Harze eine derartige Ofensau liegen sehen, welche seit dieser Zeit ihren Platz wohl kaum verändert haben dürfte

**) In Belgien bedient man sich eines überaus feuerfesten Materials zu den Gestell- und Raststeinen. Es ist dies der Sandstein von Huy, ein sehr grobkerniges Kiesel-Conglomerat. Obgleich die zum Gestell und zur Rast eines

Gewöhnliche Größe der Rastwinkel.

Ein Rastwinkel von ungefähr 45° dürfte in vielen Fällen, namentlich für Holzkohlenöfen ein passender seyn. Die meisten Hohöfen haben inzwischen einen größeren. Bei Kohkshohöfen trifft man Rastwinkel bis zu 60° und darüber. Daß man auf solche Weise einen stärkeren Hitzgrad in die Rast bringt und der Schmelzsäule mehr Tendenz zum Nachrücken giebt, befördert jedenfalls die absolute Produktion an Roheisen. Die dadurch beeinträchtigte Kohlung vor der Schmelzung (S. 17) wird bei Kohkshohöfen durch die Kohlung nach der Schmelzung wieder eingeholt, zu welcher hier die hohe Temperatur in der Schmelzzone eine gute Gelegenheit bietet. Doch ist dabei zu erwägen, daß — wie früher, S. 48, gezeigt wurde — ie Kohlung nach der Schmelzung eine verhältnißmäßige Verunreinigung des Roheisens mit sich führt.

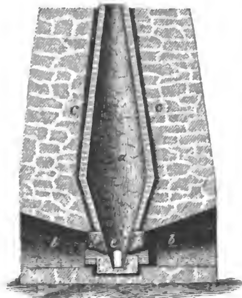
Hohöfen zur Produktion v. weißem und lichtgrauem Roheisen.

Hohöfen, welche zur Produktion von weißem Roheisen bestimmt sind, müssen eine Construktion erhalten, welche die Hervorbringung eines hohen Hitzgrades in der Schmelzzone nicht begünstigt. Dies wird durch Erweiterung des Gestells und Vergrößerung des Rastwinkels erreicht. Im Extreme

Steyerischer Blauofen.

dieser Maßregel entstehen hieraus die sogenannten Blauöfen, Fig. 137, wie man sich deren in Steyermark, bei Anwendung von Holzkohlen, zur Produktion von Spiegeleisen aus Spatheisensteinen bedient. Jedoch nur so günstige Verhältnisse, wie sie in Steyermark hinsichtlich der Erzeugung eines weißen Eisens stattfinden, machen die Anwendung dieser — durch gänzliches Fehlen des Gestelles charakterisirten — Schachtform räthlich. Bei Erzen, welche schwerer reducirbar und strengflüssiger als Spatheisensteine und Sphärosiderite sind, würde man bei einem solchen Ofen sehr leicht dem Rohgange ausgesetzt seyn. Zugleich sind die Blauöfen durch ihre geschlossene Brust von anderen Eisenhohöfen verschieden.

Fig. 137.

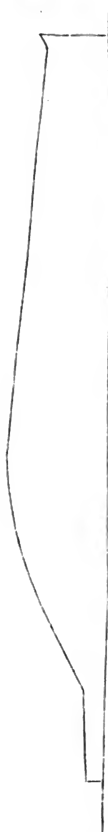


---

größeren Ofens erforderlichen Steine dieser Art auf etwa 2500 Rthlr. (ohne Rast auf 2000 Rthlr.) zu stehen kommen, hat die Erfahrung dennoch gelehrt, daß diese Ausgabe durch längere Ofen-Campagnen reichlich gedeckt wird. Es sind hier Campagnen von 8 — 10 Jahren vorgekommen, wobei allerdings die weiten Gestelle und steilen Rasten der Belgischen Oefen auch das ihrige mitgewirkt haben. Die Harzer Hohöfen, welche mit engen Gestellen und flachen Rasten versehen sind und deren Gestell aus Blankenburger Sandstein besteht, erreichen mitunter 5 — 6jährige Campagnen. Bei mehreren Norwegischen Hohöfen scheut man nicht die Kosten, die feuerfesten Gestellsteine aus England zu beziehen.

In Belgien, wo man Brauneisensteine mit Kohks verschmelzt, wendet man zur Darstellung eines weißen (zum Theil nur grauweißen) Roheisens (fonte d'affinage) Oefen von der Schachtform Fig. 138 an. Belgischer Kohks-Hohofen.

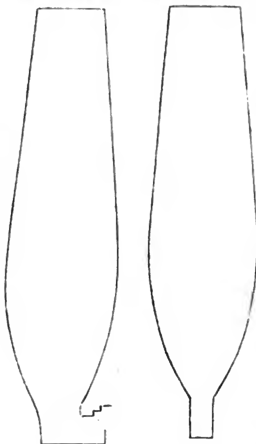
Fig. 138.



Das etwa $6^1/_2$ Fuß hohe und oben 3 Fuß weite Gestell verläuft sich hier unter einem Winkel von ungefähr 62° in den eigentlichen Schacht, ohne mit diesem — wie sonst gewöhnlich — einen scharfen Winkel im Kohlensack zubilden.

Die Schwedischen und Norwegischen Hohöfen, welche ebenfalls mehr auf lichte Roheisensorten, als auf graues Gußroheisen berechnet zu seyn pflegen, haben eine Construktion, welche sich der der Belgischen Hohöfen so weit anschließt, als dies bei der Verschiedenheit der Erze und des Brennmaterials geschehen kann. Fig. 139 a, b zeigt einen Schwedischen Eisenhohofen (von Finspang) in zwei um 90° verschiedenen Vertikal-Durchschnitten. Schwedische u. Norwegische Holzkohlen-Hohöfen.

Fig. 139, a. Fig 139, b.



Kohlensack und Gestell sind durch eine Kurve verbunden, deren Krümmung nicht auf allen Seiten des Schachtes eine gleiche ist. Das Gestell ist an der Formseite (man wendet nur eine, etwas geneigt liegende Form an) $2^1/_2$ Fuß, an der Windseite 2 Fuß hoch; an der Rückseite läuft die Rast-Kurve bis in den Heerd. Der Schacht hat eine Höhe von $28^1/_2$ F. und eine Gichtweite von $4^1/_2$ F. Oefen von größerer Höhe als 32 F. kommen in Schweden nicht vor.

Ein Norwegischer Hohofen (von Bärum bei Christiania) hatte im Jahre 1838 eine Schachtform wie Fig. 140 (s. f. S.) angiebt.

Schachthöhe 30 F. Gichtweite $4^1/_2$ F. Größte Weite im Kohlensack 8 F.

Höhe des Kohlensacks über der Heerdsohle 12 F. Gestellweite bei der Form 22 Z. Weite des Heerdes an der Sohle 20 Z. Nach einer Schmelz-Campagne von zwei Jahren zeigte sich nach dem Ausblasen der Schacht in seiner Gestalt so verändert, wie es durch die Schraffirung außerhalb der geradlinigen Schachtcontouren in Figur 140, a, b angedeutet ist. An der Windseite (der Form gegenüber) hatte sich eine größtentheils aus zusammengesintertem Frischeisen bestehende Ofensau gebildet, welche hier das Mauerwerk gegen weitere Beschädigung beschützte. Bei der neuen Herstellung des Ofens wurde derselbe im Kohlensack etwas enger (nur 7 F. 3 Z. weit) gemacht.

Fig. 140, a.

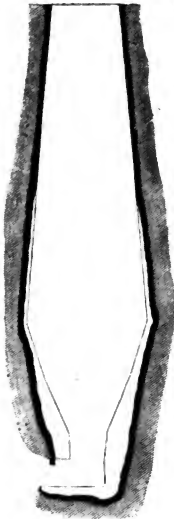


Fig. 140, b.



Größe der Hohofenschächte.

Die Größe der Hohofenschächte und die Verhältnisse gewisser ihrer Hauptdimensionen zu einander findet man auf den verschiedenen Eisenhüttenwerken von überaus großer Verschiedenheit. Es giebt Eisenhohöfen, deren Höhe (von der Heerdsohle bis zur Gicht) kaum 20 F. beträgt, während andere, wie z. B. die oben gedachten Belgischen Hohöfen, eine Höhe von 50 F. erreichen*); und in England hat man Kohks-Hohöfen von sogar 60 F. Höhe. Eine Höhe von 20 F. ist jedenfalls bedeutend zu gering, um eine hinreichende Vorbereitung der Erze durch die Ofengase zu gestatten. Für einen kleineren Betrieb — wie er bei Oefen von geringer Capacität, die mit schwach gepreßtem und ziemlich knappem Winde gespeist werden, stattfindet — mag eine Höhe von 28 — 30 F. hinreichend seyn. Eine Höhe von 35 F. kann bei Holzkohlen-Hohöfen in der Regel nicht gut überschritten werden, weil

*) Die Hohöfen Fig. 135, 138, 139 und 140 sind nach gleichem Maßstab gezeichnet. Der letztere ist ungefähr 30 F. hoch und an der Gicht 4½ F. weit.

sonst zu leicht eine Zerdrückung des Brennmaterials in den unteren Schichten eintritt. Bei schwerer reducirbaren Erzen von nicht zu kleinem Korne, bei nicht leicht zerdrückbarem Brennmaterial (Kohks) und einer reichlicheren Menge stark gepreßten Windes ist es aber ohne Zweifel vortheilhaft, Schächte von 40 F. Höhe und selbst darüber anzuwenden. Die meisten Oberschlesischen Kohks-Hohöfen sind 40 — 45 F. hoch. Kohks- und Anthracit-Hohöfen von 50 — 60 F. Höhe pflegen nur zur Verschmelzung ungerösteter Erze zu dienen; man benutzt also gewissermaßen die oberen 10 — 20 F. ihres Schachtes als Röstofen. In Betreff einer Ersparung an Brennmaterial erscheint dies vortheilhaft; allein unmöglich können hierdurch, da die Erze auf solche Weise hauptsächlich nur reducirenden Gasen ausgesetzt sind, die Wirkungen einer guten oxydirenden Röstung (S. 68) erreicht werden.

Hohöfen von etwa 30 F. Höhe, wie sie bei Holzkohlenbetrieb häufig vorkommen, pflegen — bei etwa 8 F. Kohlensack-Durchmesser — einen räumlichen Inhalt von 700 — 800 Cub.-F. zu haben; Kohks-Hohöfen von 40 F. Höhe eine Capacität von wenigstens 1500 Cub.-F., bei einem Kohlensack-Durchmesser von 11 F. eine Capacität bis zu 1900 und 2000 Cub.-F. Der Inhalt der 48 — 50 F. hohen Oefen mit 13 — 14 F. Durchmesser im Kohlensack beträgt ungefähr 3500 — 4000 Cub.-F., ist also 5mal so groß als der eines gewöhnlichen Deutschen Holzkohlen-Hohofens von 30 F. Höhe.

Verhältniß der verschiedenen Dimensionen von Hohöfen zu einander.

Es giebt empirische Regeln, welche von der Schachthöhe oder von dem Kohlensack-Durchmesser eines Ofens alle übrigen Dimensionen des Ofenschachtes bis zu einem gewissen Grade abhängig machen. In dem Folgenden sind einige dieser Regeln angeführt.

Kohlensack.

Der Durchmesser des Kohlensacks beträgt bei den meisten Eisenhohöfen 0,2 — 0,3 der Schachthöhe (von der Heerdsohle bis zur Gicht). Hat man eine hinreichende Menge stark gepreßter Gebläseluft zu seiner Disposition, so dürfte es vortheilhaft seyn, den Kohlensack-Durchmesser auf das Maximum dieser Grenze zu bringen. In einigen Englischen Kohks-Hohöfen steigt der Kohlensack-Durchmesser bis zu 0,33 der Schachthöhe, mitunter sogar noch etwas darüber.

Die Höhe des Kohlensacks über dem Bodenstein (der Sohle des Heerdes) ist = 0,25 — 0,33 — 0,40 der Schachthöhe, je nachdem man eine leichte Beschickung (leichte Kohlen, leicht reducirbare und leicht schmelzbare Erze) mit schwächerem Winde, oder eine schwere Beschickung mit stärkerem Winde zu verschmelzen hat. In den 50 — 60 F. hohen Kohks- und Anthracit-Hohöfen liegt der Kohlensack nicht höher als in Oefen von 40 — 45 F. Höhe, weil, wie schon erwähnt, der obere Theil jener Oefen nur als Röstraum dient. Bei Oefen, welche einen cylindrischen Kohlensack (Bd. I., S. 78) haben, beziehen sich diese Angaben auf die untere Fläche

desselben. Die Höhe dieses Kohlensacks wechselt bei verschiedenen Kohks-Hohöfen zwischen ungefähr 2 — 6 F.; doch läßt sich dieselbe oft nicht genau bestimmen, da die Wände des Kohlensacks sich in einer schwach gekrümmten Kurve nach oben und unten zu verlaufen pflegen.

Gicht. Der Durchmesser der Gicht wird zu 0,4 — 0,5 des Kohlensack-Durchmessers, also zu 0,08 — 0,15 der Schachthöhe angenommen. Unter den oben gedachten Umständen und bei Anwendung einer Beschickung von nicht zu kleinem Korne, sowie eines nicht zu leicht zerdrückbaren Brennmaterials (S. 81), kann man ihn jedoch beträchtlich größer machen.

Gestell. Die Dimensionen des Gestelles üben einen sehr wesentlichen Einfluß auf den Gang des Hohofen-Processes aus, sowohl in Betreff der Qualität als der Quantität des erzeugten Roheisens. Dieselben sind abhängig von der Art und besonderen Beschaffenheit der Beschickung, des Brennmaterials und des zu producirenden Roheisens, von der Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft und von noch manchen anderen Umständen, unter denen auch die Anzahl der Formen und die Feuerfestigkeit des zum Gestell verwendeten Baumaterials eine Rolle spielen. Man sieht ein, daß es unmöglich ist, alle diese Funktionen ihrer Wirkung nach genau zu bestimmen, ja nur annähernd abzuschätzen, und daraus eine Formel zu entwerfen, welche die Dimensionen des Gestells für jeden speciellen Fall angiebt. Wir sind daher hier zunächst ausschließlich auf die Erfahrung gewiesen; aber die Theorie vermag es, einige Winke zu geben, welche uns auf dieser erfahrungsmäßigen Basis fortbauen helfen. Le Blanc und Walter führen hierüber in ihrem bekannnten Werke Folgendes an.

Allgemeine Regeln und Man erweitert das Gestell nach oben zu: 1) um den Niedergang der Materien zu erleichtern; 2) um zu verhindern, daß der Schmelzpunkt zu hoch geführt und die Rast zu stark angegriffen werde; 3) um den Durchschnitt zu vergrößern, in welchem die Schmelzung zu erfolgen beginnt, und um eine größere Roheisenmenge im Gestell halten zu können, wobei man sich stets in solchen Grenzen hält, daß die Qualität des Roheisens nicht leidet.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß, um graues Roheisen zu produciren, das Gestell hoch und eng seyn müsse;

daß harte und dichte Kohlen ein höheres und weiteres Gestell erfordern, als leichte Kohlen;

daß es bei strengflüssigen Erzen noch mehr erhöht werden muß, als bei leichtflüssigen, und daß es in diesem Fall um so enger seyn muß, je leichter die Kohlen sind;

daß die weiten Gestelle dann zweckmäßig sind, wenn man nur weißes Roheisen produciren will, und daß sie in diesem Falle um so niedriger seyn können, je leichtflüssiger die Erze sind;

endlich, daß sich das Gestell um so weniger nach oben erweitern muß,

je zerreiblicher und um je mehr die Schmelzmaterialien zum Zusammendrücken geneigt sind.

Bei Holzkohlen-Hohöfen von 22 — 25 F. Höhe macht man das Gestell nicht niedriger als 4 F., und will man graues Roheisen produciren, so ist es zweckmäßig, es $4^3/_4$ F. hoch zu machen.

Bei 35 — 38 F. hohen Oefen wechselt die Höhe des Gestells von 5 — 6 F.

Bei Kohks-Hohöfen von $41^1/_2$ — $44^1/_2$ F. beträgt die Höhe des Gestells 6 — $6^1/_2$ F.; den 48 — 51 F. hohen Oefen kann man ein $6^1/_2$ bis 7 F. hohes Gestell geben.

Die Breite des Gestells an der Basis richtet sich nach der des Heerdes (von welcher weiter unten die Rede seyn wird); die obere Breite erhält man, wenn man die zweckmäßige Erweiterung zu der ersteren hinzufügt.

Sind die Kohlen sehr leicht und die Erze von der Art, daß sie zusammenbacken, so darf die Erweiterung auf jeder Seite $^1/_{20}$ von der Höhe des Gestells nicht übersteigen.

Bei leichten Kohlen und bei nicht sehr zerkleinten oder wenig zerreiblichen Erzen, ferner bei weichen Erzen und harten Kohlen kann die Erweiterung $^1/_{15}$ der Höhe betragen.

Bei leichten Kohks und leicht zerreiblichen Erzen beträgt die Erweiterung $^1/_{12}$, bei dichten Kohks und harten Erzen kann man sie bis auf $^1/_{10}$ oder $^1/_9$ erhöhen.

Diese Zahlen können als Grenzen für den Betrieb auf weißes und halbirtes Roheisen gelten; bei der Gewinnung von grauem muß die Erweiterung des Gestells ungefähr $^1/_3$ geringer seyn.

In diesen Regeln ist gewiß viel Wahres, doch dürften dieselben noch mancher Specialisirung und Berichtigung unterworfen werden können. Die Dimensionen des Gestells sollten eigentlich nicht von anderen Ofendimensionen, sondern umgekehrt diese mehr oder weniger von jenen abhängig gemacht werden. Bei der Bestimmung der Breite des Gestelles handelt es sich zunächst um den größeren oder geringeren Hitzgrad, welchen man im Gestellraume (in der Schmelzzone) hervorbringen will, sowie um die Art und Beschaffenheit des dazu angewendeten Brennmaterials. Zwar hat man diesen Hitzgrad auch durch entsprechende Veränderung der Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft, sowie des relativen Brennmaterial-Quantums, in seiner Gewalt; allein es wäre nicht ökonomisch vortheilhaft, hierdurch allein die Produktion von grauem und weißem Roheisen dirigiren zu wollen. Hohöfen, welche ausschließlich oder großentheils zur Erzeugung von grauem Roheisen bestimmt sind, müssen mit einem engeren Gestell versehen seyn, als die zur Darstellung von weißem Roheisen dienenden. Wollte man in einem auf graues Roheisen zugestellten Hohofen, durch verminderte Menge und Pressung der Gebläseluft, sowie durch vermindertes relatives Brennmaterial-Quantum,

Allgemeine Betrachtungen hierüber.

weißes Roheisen erzeugen, so könnte dies, abgesehen von anderen Schwierigkeiten, nur auf Kosten der absoluten Produktion geschehen. Wird dem Ofen dagegen ein weiteres Gestell gegeben, so kann man, bei richtiger Verminderung des relativen Brennmaterial-Quantums, sogar die Windmenge und Windpressung erhöhen und dadurch dennoch eine absolute Produktion von weißem Roheisen erlangen, die jene des grauen nicht allein erreicht, sondern selbst bedeutend übertrifft. In Bezug auf die Höhe des Gestells kann man sich von folgender Betrachtung leiten lassen. Man denke sich ein Gestell mit einer angemessenen Dossirung seiner Wände in die Höhe geführt, und einen Schmelzproceß darin im Gange. Ist das Gestell sehr hoch, so wird die obere Grenze der Schmelzzone mehr oder weniger beträchtlich unterhalb des oberen Gestell- (oder unteren Rast-) Endes zu liegen kommen. Die vortheilhafteste Höhe desselben ist nun im Allgemeinen die, bei welcher die Schmelzzone etwas über das obere Gestellende hinausragt, also noch in den untersten Theil des Rastraumes eintritt. Wollte man das Gestell bedeutend kürzer machen, so würde man, in Folge der bei der Rast eintretenden Temperatur-Verminderung (S. 80), das Volum der Schmelzzone und folglich die absolute Produktion, sowie den Kohlenstoffgehalt des Roheisens vermindern; ja selbst der relative Brennmaterial-Verbrauch würde höher ausfallen. Machte man dasselbe dagegen bedeutend höher, so würde, wie leicht einzusehen, das Nachrücken der Gichten aus dem Rastraume ins Gestell erschwert und dadurch ein ähnliches ungünstiges Resultat hervorgebracht werden. Für jede Hohofen-Beschickung, welche mit einer bestimmten Art von Brennmaterial und einer gewissen Windmenge von bestimmter Pressung und Temperatur verschmolzen wird, giebt es daher eine bestimmte Weite und Höhe des Gestells, welche hinsichtlich der absoluten Roheisen-Produktion und des relativen Brennmaterial-Verbrauchs die vortheilhafteste ist. Umgekehrt läßt sich für ein bereits vorhandenes Gestell zwar ein Schmelzgang ausfindig machen, welcher für diese Gestellform der relativ vortheilhafteste seyn mag; aber in den meisten Fällen nicht ein solcher, welcher für die zu verschmelzende Beschickung und die zu Gebote stehende Menge und Pressung der Gebläseluft als der absolut vortheilhafteste gelten darf. Das zur bestmöglichen Benutzung der disponiblen Gebläseluft geeignete Gestell läßt sich durch eine Reihe mit Umsicht angestellter Versuche ausfindig machen, bei denen man von Dimensionen, wie sie sich aus den oben aufgestellten Regeln ungefähr ergeben, ausgehen kann. Ist man hierdurch zum Ziele gelangt, was mitunter erst nach vieljährigen Bestrebungen eintreten dürfte, so wird es sich bisweilen herausstellen, daß es vortheilhafte Dimensionen des Gestellraumes giebt, welche nicht innerhalb der durch jene Regeln gesteckten Grenzen fallen. Namentlich wird man finden, daß eine sehr reichliche und stark gepreßte Gebläseluft, wie sie besonders bei schwer verbrennlichen (dichten und spe-

cifisch schweren) Kohks angewendet wird, weitere und auch höhere Gestellräume erfordert, als es jene Regeln vorschreiben. — Der horizontale Durchschnitt des Gestells ist quadratisch oder kreisrund; seltener oblong. Mitunter giebt man ihm auch die Form eines Polygons.

Indem wir bei der inneren Construktion eines Hohofens von unten aufwärts gehen, kommen wir vom Gestell noch einmal auf die Rast zurück. Gestell- und Rastraum müssen einander in ihrer Größe stets entsprechen; und zwar ist dies bei der Produktion von grauem Roheisen noch nothwendiger, als bei der von weißem. Ein großer Schmelzraum erfordert einen entsprechenden Raum, in welchem das Eisen zur Schmelzung vorbereitet, d. h. in noch nicht flüssigem Zustande bis zu einem möglichst hohen Grade gekohlt wird*). Findet man es daher, bei Versuchen über die zweckmäßigste Gestellform, für nothwendig, die Capacität des Gestells zu verändern, so muß auch eine entsprechende Veränderung mit der Rast vorgenommen werden, vorausgesetzt, daß diese zuvor eine für jenes Gestell passende Capacität besaß. Besonders bei einer dicht liegenden Beschickung, welche den Ofengasen nur schwierig den Durchgang gestattet, hat man auf eine geräumige Rast zu sehen, denn innerhalb dieses Raumes ist die Beschickung jedenfalls noch am meisten der Einwirkung jener Gase ausgesetzt, während letztere oberhalb der Rast — wie früher (S. 81) gezeigt wurde — großentheils zwischen der Schmelzsäule und den Ofenwänden aufsteigen. — Ein passendes Verhältniß zwischen dem Rastraum und dem darüber liegenden Schachtraum zu finden, ist insofern weniger schwierig, als ein reichliches Volum des letzteren nur bei einer dichtliegenden Beschickung von Nachtheil seyn kann, indem dadurch das Aufsteigen der Ofengase noch schwieriger gemacht wird. Hohöfen, deren oberer Schachtraum zu klein gegen den Rastraum ist, werden selten angetroffen; häufig aber solche, in denen Rast und Gestell in keinem richtigen Verhältnisse zu einander stehen. Rast-Capacität.

Regeln ausfindig zu machen, welche für eine gegebene Beschickung, ein bestimmtes Brennmaterial und eine gegebene Wind-Capacität die richtigen Dimensionen des Gestells und der Rast genau vorschreiben, wären gewiß sehr wünschenswerth; aber es ist wenig Hoffnung vorhanden, daß man dieselben jemals finden wird. Es kommen hierbei eine so große Menge von Umständen in Betracht, deren Einfluß theils nur annähernd, theils so gut wie gar nicht abgeschätzt werden kann, daß die rechnende Theorie hier äußerst

*) Wenn von dem Größenverhältniß des Gestellraumes zum Rastraume die Rede ist, so ist es richtiger, unter jenem nur das Obergestell — vom Form-Niveau bis zum Rast-Ende — zu verstehen, während man sonst im Allgemeinen z. B. unter Höhe des Gestells den ganzen senkrechten Abstand vom unteren Rast-Ende bis zum Heerdboden (zur Heerdsohle) zu begreifen pflegt.

wenig zu leisten vermag. Dagegen würde es von großem Interesse seyn, Erfahrungs-Resultate über das Größen-Verhältniß der Rast- und Gestellräume — mit Zuziehung aller hierbei in Betracht kommenden Umstände — bei verschiedenen Hohöfen zu sammeln. Beispielsweise folgen hier einige derartige Angaben über die Belgischen Kohks-Hohöfen und den Oberschlesischen Kohks-Hohofen zu Königshütte.

Rast-Capacität der Belgischen Hohöfen und des Hohofens zu Königshütte.

Da die Betriebsverhältnisse dieser Hohöfen in dem folgenden Abschnitte (Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials) angegeben sind, so handelt es sich hier zunächst nur darum, die bei denselben stattfindenden Größenverhältnisse der Rast- und Gestellräume zu bestimmen. Sind beide diese Räume bei einem Hohofen von konischer Gestalt, und man bezeichnet mit H die senkrechte Rasthöhe, mit h die senkrechte Gestellhöhe und mit R, r und r_1 respektive die Halbmesser des Kohlensacks, des oberen und des unteren Gestellendes, so verhält sich der cubische Inhalt der Rast J zu dem des Gestelles i

$$J : i = H\,[R^2 + r\,(R + r)] : h\,[r^2 + r_1\,(r + r_1)].$$

Die betreffenden Dimensionen bei jenen Hohöfen sind nun folgende, und zwar nach Englischen Fußen:

	H	h	R	r	r_1
Hohöfen von					
Seleſſin und Châtelineau	$16\frac{1}{12}$	$7\frac{13}{24}$	$7\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{7}$
Espérance	$15\frac{1}{2}$	7	7	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$
Grivegné	$18\frac{11}{12}$	$7\frac{7}{12}$	9	2	$1\frac{1}{4}$
Couillet	$13\frac{1}{8}$	$7\frac{1}{4}$	7	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$
Königshütte	$1\frac{5}{6}$	$7\frac{5}{24}$	$5\frac{2}{3}$	$1\frac{7}{8}$	1

Hieraus ergiebt sich:

	Grivegné.	Seleſſin und Châtelineau.	Espérance.	Couillet.	Königshütte.
$\frac{J}{i} =$	$\frac{1950}{61}$:	$\frac{1200}{65}$:	$\frac{997}{55\frac{1}{2}}$:	$\frac{844}{49\frac{1}{2}}$:	$\frac{547}{46}$.

Wird bei jedem dieser Oefen $i = 1$ gesetzt, so erhält man die Zahlen

32	$18\frac{1}{2}$	18	17	12

welche die Rast-Capacitäten der verschiedenen Oefen, das Gestell-Volum als Einheit angenommen, ausdrücken. Doch bedürfen diese Zahlen noch einer Correktion. Bei unserer Berechnung wurden Rast und Gestell von konischer Form angenommen. In Betreff des Gestells ist dies richtig, nicht aber in Betreff der Rast, deren Wände — vom Gestell bis zum größten Schacht-

Halbmesser R — die Gestalt einer Kurve haben. Nehmen wir dieselbe bei allen Oefen von annähernd gleicher Krümmung an, so läßt sich der Inhalts-Zuwachs bei der Rast eines jeden Ofens etwa zu $12^1/_2$ Proc. ($^1/_8$ des früher berechneten Volums) veranschlagen, und wir erhalten dadurch:

	Grivegné.	Seleſſin und Châtelineau	Espérance.	Couillet.	Königshütte
$\frac{J}{i} =$	·36	$20^3/_4$	$20^1/_4$	19	$13^1/_2$

Als mittlere Rastcapacität bei den Oefen von Seleſſin, Châtelineau, Espérance und Couillet ergiebt sich $\frac{J}{i} = 20$. Eine solche Rastcapacität scheint, so weit die jetzigen Erfahrungen reichen, für die Belgischen Betriebsverhältnisse die vortheilhafteste zu seyn. Der Ofen von Grivegné, mit der außerordentlich hohen Rastcapacität = 36, aber mit keinem größeren Gestell als die meisten kleineren Belgischen Hohöfen, producirt in einer gegebenen Zeit nicht mehr Roheisen als letztere, bleibt sogar hierin gegen einige derselben zurück. Man ersieht hieraus, daß, wenn für ein bestimmtes Gestell-Volum die passendste Rastcapacität erreicht ist, die absolute Produktion durch eine bloße Erweiterung der Rast nicht erhöht werden kann. Zur Vergleichung der Rastcapacität der Belgischen Hohöfen mit der des Hohofens von Königshütte bedarf es einiger erläuternden Bemerkungen. Ein unmittelbarer Vergleich wäre hier durchaus nicht zuläſſig, da Beschickung, Brennmaterial, Windcapacität und Beschaffenheit des producirten Roheisens zum Theil sehr verschieden sind. Was jedoch die Verschiedenheit des an beiden Orten producirten Roheisens betrifft, so kann dieselbe allenfalls außer Acht gelassen werden. Zwar sind die Belgischen Oefen vorzugsweise für weißes Roheisen bestimmt, während der Königshütter Hohofen hauptsächlich graues erzeugt; allein es ist zu berücksichtigen, daß die Belgischen Oefen, so lange ihr Gestell noch nicht erheblich ausgeblasen ist, zum Erblasen von grauem Roheisen benutzt zu werden pflegen. Die weitere Ausführung des Vergleiches muß dem folgenden Abschnitte (Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials) vorbehalten bleiben.

Die Dimensionen des Heerdes. Die Capacität des Heerdes ist natürlich abhängig von der Quantität Roheisen, welche sich in der, zwischen zwei aufeinander folgenden Abstichen (Abzapfungen, Ausschlägen) liegenden Zeit ansammelt oder ansammeln soll; es wird also bloß darauf ankommen, das Verhältniß zwischen Höhe, Breite und Länge anzugeben. Walter und Le Blanc setzen dieses Verhältniß $h : b : l = 1 : 1{,}2 : 3{,}33$. Bezeichnet man das Maximum des in Centnern ausgedrückten Roheisen-Quantums, welches der Heerd bei einem bis zu 24 Stunden ausgesetzten Abstiche fassen Heerd.

muß, mit p, und nimmt man an, daß 1 Cub.-F. Roheisen $4^1/_2$ Ctr. wiegt, so ergiebt sich

$$h \cdot 1{,}2\ h \cdot 3{,}33\ h = \frac{p}{4{,}5.}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{p}{18}}\ \text{(in Fußen)},$$

sowie $b = 1{,}2\ h$ und $l = 3{,}33\ h$. Es ist jedoch keinesweges gefährlich, von diesen Verhältnissen abzuweichen, wozu lokale Umstände Veranlassung geben können. Jedenfalls ist es nicht rathsam, die Gestellbreite von der Heerdbreite abhängig zu machen, sondern richtiger, das Umgekehrte zu thun. Bei der Construktion des Heerdes kommt es zunächst nur darauf an, das flüssige Roheisen in demselben möglichst vor Wärmeableitung zu schützen, was zum Theil dadurch geschieht, daß man — so weit es die Umstände gestatten — die Größe derjenigen Flächen, wo das Eisen am wenigsten der Abkühlung ausgesetzt ist, auf ein Minimum zu bringen sucht.

Formen. Die Lage der Formen. Die Formen liegen auf dem Rande des Heerdes. Wendet man nur eine Form an, so muß diese auf demjenigen Seitensteine (Backensteine) des Heerdes liegen, welcher dicht an den Wallstein stößt, und also das Stichloch nicht zwischen sich und dem Wallsteine hat. Ferner legt man dieselbe nicht genau in die Mitte zwischen dem Tümpelstein und der Rückseite des Heerdes, sondern letztere etwas näher, damit ersterer mehr vor der Zerstörung durch Schmelzung geschützt ist. Bei zwei Formen ist deren Lage ebenfalls nicht genau in der Mitte zwischen den genannten Orten, sondern die eine Form wird etwa 4 — 6 Zoll rechts und die andere ebensoweit links von dieser Mittellinie gelegt. Wollte man beide Formen so anbringen, daß ihre Achsen zusammenfielen, so würden die aus ihnen kommenden Windströme einander begegnen, zurückprallen und sich gegenseitig in der Ausströmungs-Geschwindigkeit hemmen. Sollen drei Formen angewendet werden, so legt man zwei derselben auf die eben beschriebene Weise und die dritte in die Mitte des hinteren Heerdrandes. Die Achsen sämmtlicher Formen liegen in der Regel horizontal; nur in gewissen Fällen giebt man denselben eine kleine, dem Heerde zufallende Neigung.

Tümpelstein. Die Lage des Tümpelsteins. Bei kleinen Heerden und sehr leichtflüssigen Schlacken kann die untere Seite des Tümpelsteins etwa 2 Zoll unter dem Form-Niveau liegen. Bei vielen Oefen, besonders bei den größeren Holzkohlen-Hohöfen, liegt derselbe in diesem Niveau selbst, bei den meisten Kohks-Hohöfen dagegen $1^1/_2$ — 2 Zoll, ja zuweilen selbst 4 Zoll darüber. Ein Gleiches pflegt der Fall bei Holzkohlen-Hohöfen zu seyn, in denen sehr strengflüssige Erze verschmolzen werden, und in derem Heerde und Gestell daher

viele Arbeiten mit der Brechstange nothwendig sind, welche ein niedrig liegender Tümpelstein erschweren würde.

Wallstein. Die Lage des Wallsteins. Der Wallstein hat eine schanzenförmige Gestalt mit zwei Fußwinkeln von ungefähr 60°. Seine obere Fläche liegt etwa $1\frac{1}{2}$ = 2 Zoll unter dem Form-Niveau, bei sehr zäher Schlacke aber wenigstens gegen 3 Zoll, um zu verhindern, daß die Schlacke in die Formen steigt. In Belgien bedient man sich bei Hohöfen, in denen Beschickungen verschmolzen werden, welche — gewöhnlich in Folge starker Kalkzuschläge — eine sehr dünnflüssige Schlacke geben, eines Wallsteins von außergewöhnlicher Höhe. Derselbe ragt bis zu 10 Z. über dem Form-Niveau empor. Eck*) hat einen solchen erhöhten Wallstein, der zugleich mit einer besonderen Construktion des Tümpelsteins verbunden ist, auf der Königshütte in Oberschlesien eingeführt, und diese Vorrichtung für gewisse Fälle sehr vortheilhaft gefunden. Bei Anwendung eines stark gepreßten Windes nämlich wird die dünnflüssige Schlacke leicht über den Wallstein getrieben, wenn dieser nur die gewöhnliche Höhe besitzt. Es entweicht hierbei zugleich Wind aus dem Ofen, und das fast von jeder Schlackendecke befreiete Roheisen ist der unmittelbaren Einwirkung des Windes bloßgelegt. Bedient man sich aber eines erhöhten Wallsteins, so drückt der (auf Königshütte bis zu 6 Z. Quecksilber) gepreßte Wind zwischen Tümpel- und Wallstein eine flüssige Schlackensäule empor, welche den Vorheerd schließt und jenen Uebelständen abhilft. Zugleich erwächst hieraus der Vortheil, daß, da der Heerd sich wärmer erhält, sich weniger Ansätze im Gestell bilden. Früher hatte man auf Königshütte in 12 Stunden zwei Reinigungen des Gestelles vorzunehmen; jetzt, nach Einführung des erhöhten Wallsteins, genügt ein einmaliges Reinigen.

2) Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials.

Arten des Brennmaterials. Während man sich bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Roheisen-Gewinnung noch fast ausschließlich der Holzkohle (Schwarzkohle) bediente, hat in neuerer Zeit die — in vielen Gegenden mit ökonomischem Vortheile verbundene — Anwendung der Kohks so überhand genommen, daß gegenwärtig ein bedeutend größeres Roheisen-Quantum durch Kohks als durch Holzkohle producirt wird. Außer diesen beiden wichtigsten Brennmaterialien kommen beim Eisenhohofenprocesse noch in Betracht: Steinkohlen (besonders Sinterkohlen, nebst Anthracit der Steinkohlen-Formation), Rothkohle, gedarrtes und lufttrocknes Holz, sowie auch Torf und Torfkohle. So ausgemacht es ist, daß, wenn es sich einzig und allein um die Darstel-

*) Karst. Arch. Bd. 22, S. 658. — Berg- u. Hüttenm. Ztg. Bd. 7, S. 745.

lung eines möglichst guten Roheisens handelt, Holzkohle und die reineren Kohksforten die vorzüglichsten Brennmaterialien hierzu sind, so wenig läßt es sich in Abrede stellen, daß lokale Verhältnisse die Anwendung jener anderen Brennmaterialien (Bd. I., S. 505 — 515) mit einem pecuniären Gewinn verknüpfen können, welcher ihnen den Vorzug vor Holzkohle und Kohk verschafft.

Relative Menge des Brennmaterials und

Was sich von der Menge des Brennmaterials, welche zur Darstellung einer gewissen Quantität Roheisen im Hohofen erfordert wird, als Regel anführen läßt, kann schon deshalb von keiner besonderen Schärfe seyn, weil ein und dieselbe Brennmaterial-Gattung auf verschiedenen Hüttenwerken oft von sehr abweichender Beschaffenheit ist. Der Grad der Verkohlung, die Aschenmenge und der Gehalt von hygroskopischer Feuchtigkeit können sowohl bei Holzkohlen als Kohks sehr erhebliche Verschiedenheiten im Wärme-Effekte bedingen. Ein noch weniger sicheres Anhalten bietet sich aber bei den halbverkohlten und unverkohlten Brennmaterialien, deren chemische Zusammensetzung innerhalb weiter Grenzen veränderlich ist. Man hat hierbei zu berücksichtigen, was im ersten Bande über die Wärme-Effekte aller dieser Brennmaterialien angeführt wurde. Zur Vermehrung der Unsicherheit kommt aber noch hinzu, daß die auf die Gicht eines Hohofens gegebenen Brennmaterialien in der Regel nur gemessen und nicht gewogen werden; die Gewichtsmenge eines Brennmaterials, welche zur Darstellung einer bestimmten Quantität Roheisen erforderlich war, wird daher mittelst einer Berechnung gefunden, die in nicht wenigen Fällen als eine sehr oberflächliche zu betrachten seyn dürfte. Noch schwankender wird das Resultat dieser Berechnung dadurch, daß man auf einigen Hüttenwerken hierbei den Brennmaterialabgang in Anschlag bringt, welcher durch die Magazinirung u. s. w. veranlaßt wird (Kohlenverrieb; s. Bd. I., S. 294), während dies auf anderen Werken — und zwar wohl richtiger — nicht geschieht.

Ursachen ihrer Verschiedenheit: durch Beschaffenheit des Brennmaterials,

Außer diesen — in der Beschaffenheit der Brennmaterialien selbst liegenden — Ursachen eines variablen relativen Brennmaterialverbrauches, sind hierbei noch folgende Umstände von Einfluß.

durch Beschaffenheit des Erzes,

Beschaffenheit des Erzes. Schwer reducirbare und schwer schmelzbare Erze bedürfen eines größeren relativen Brennmaterial-Quantums, als leicht reducirbare und leicht schmelzbare *). Im Allgemeinen ist dies auch bei ärmeren

*) Welche Eisenerze zu den leicht reducirbaren und welche zu den schwer reducirbaren gehören, ist Bd. I., S. 588 angeführt worden. Doch war dort nur von den in mineralogischer Beziehung reinen Erzen die Rede. Bei den mit mehr oder weniger Gebirgs- und Gangart gemengten Erzen, wie sie zur Verschmelzung im Hohofen gelangen, ist diese Eintheilung bedeutenden Modifikationen unterworfen. Denken wir uns ein leicht reducirbares Erz, welches mit Silicaten imprägnirt vorkommt. Eine solche Imprägnation

Erzen, im Vergleich zu reicheren, der Fall; doch kann es natürlich vorkommen, daß zu einem armen, aber leicht reducirbaren und leicht schmelzbaren Erze ein geringeres relatives Brennmaterial-Quantum erfordert wird, als zu einem reichen von entgegengesetzten Eigenschaften. Die Beschaffenheit des Erzes bedingt auch die größere oder geringere Menge des Zuschlages, dessen dasselbe zur Schmelzung bedarf; und diese Zuschlag-Menge influirt auf den Brennmaterial-Verbrauch. Ferner kommt die Größe des Korns (das Volum der Erzstücke) gar sehr in Betracht (S. 39), so daß bei locker liegenden Erzen stets ein geringerer Brennmaterial-Aufwand stattfindet, als — unter sonst gleichen Umständen — bei mehr oder weniger dicht liegenden d. h. pulverförmigen.

Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft. Von dem Einfluß dieser Agentien auf den relativen Brennmaterialverbrauch wird im folgenden Abschnitte die Rede seyn. Eine feuchte Gebläseluft wirkt durch ihren Gehalt an Wasserdampf abkühlend auf die Ofentemperatur (Bd. I., S. 524) und zieht daher, im Vergleich zu trockner Gebläseluft, eine verhältnißmäßig größere Brennmaterial-Consumtion nach sich. durch Menge und Art der Gebläseluft,

Ofen-Construktion. Inwiefern diese auf die Menge des verbrauchten Brennmaterials influirt, ist theils im vorigen Abschnitte, als daselbst von durch Ofen-Construktion u.

macht das Erz schon an und für sich weniger porös und verzögert die Wirkung der reducirenden Ofengase; indem aber jene Silicate bei der Erhitzung im Ofen allmälig in einen erweichten Zustand übergehen — was um so eher geschieht, als ihre Schmelzbarkeit durch Eisenoxydul-Aufnahme aus dem Erze noch erhöht wird —, so wird dadurch jene Porosität fast ganz aufgehoben. Ein an und für sich leicht reducirbares Erz kann auf diese Weise zu einem schwer reducirbaren, oder doch schwer kohlenden und folglich schwer schmelzbaren werden. — Die nicht immer gehörig beachtete Imprägnation der Eisenerze mit fremdartigen Mineralien ist der Schlüssel zu so manchen scheinbar paradoxen Verhältnissen beim Hohofenbetriebe. So namentlich erklärt sich theilweise dadurch der oft erheblich verschiedene Brennmaterial-Verbrauch auf Eisenhüttenwerken, welche unter sonst ähnlichen Verhältnissen anscheinend dieselben Erze verschmelzen. Der Magneteisenstein ist nicht selten mit fein eingesprengtem Granat, Pistazit u. s. w. innig durchwachsen, Eisenglanz und Rotheisenstein sind häufig auf ähnliche Weise verunreinigt, letzterer besonders durch Quarz; und bei den Sphärosideriten können Mengung und Mischung sehr verschieden seyn. Während man daher z. B. den (mit Silicaten durchwachsenen) Eisenglanz in einigen Gegenden mit Recht als ein sehr strengflüssiges Erz betrachtet, geschieht die Zugutemachung des ausgezeichnet reinen Elbaer Eisenglanzes bei verhältnißmäßig sehr geringem Brennmaterialaufwande. Die schwere oder leichte Reducirbarkeit und der daraus folgende Grad der Schmelzbarkeit eines Erzes läßt sich also durchaus nicht genügend nach der mineralogischen Art desselben beurtheilen, sondern es wird hierzu eine genauere Kenntniß seiner Constitution erfordert, wie sie nur durch die chemische Analyse erlangt werden kann.

den Dimensionen des Gestells die Rede war, gezeigt worden, theils ergiebt es sich aus mehreren früheren Betrachtungen (z. B. S. 40).

durch Art des Roheisens.

Art des darzustellenden Roheisens. Daß das weiße Roheisen, und überhaupt die lichten Roheisensorten, welche größtentheils zur Stabeisen- oder Stahlfabrikation bestimmt sind, in der Regel beträchtlich weniger Brennmaterial erfordern, als das graue Gußroheisen, wurde ebenfalls schon auseinandergesetzt. Man sehe besonders den Abschnitt: Von der Erzeugung der verschiedenen Arten des Roheisens.

Die hier aufgezählten Ursachen eines verschiedenen relativen Brennmaterial-Verbrauchs, zu denen durch lokale Verhältnisse leicht noch andere kommen können, müssen bei den folgenden allgemeinen und speciellen Angaben stets im Auge behalten werden.

Gewöhnliche relative Menge Holzkohle.

Die Gewichtsmenge Holzkohle (Schwarzkohle), welche zur Darstellung von 1 Gwthl. Roheisen erforderlich ist, variirt, nach Karsten, von 1 Gwthl. bis zu 3 Gwthln. Unter besonders günstigen Umständen kann dieselbe jedoch sogar noch weniger als 1 Gwthl. betragen und bis zu etwa $^2/_3$ Gwthl. herabgehen. Bei leichten Nadelholzkohlen beträgt sie nach Karsten 1,6—3,0 Gwthle.; bei Kohlen von harten Hölzern — wenn damit reiche, leichtflüssige und locker liegende Erze verschmolzen werden — 1,0 bis 1,2 Gwthl.

Gewöhnliche relative Menge Kohk.

Die zur Darstellung von 1 Gwthl. Roheisen erforderliche Gewichtsmenge Kohk schwankt, nach Walter, in den meisten Fällen, zwischen 1,8 und 3,0. Bei leichtflüssigen Erzen beträgt sie gewöhnlich 1,8 — 2,1, bei Erzen von mittlerer Schmelzbarkeit 2,1 — 2,6, und bei strengflüssigen Erzen 2,6—3,0.

Ueber das relative Verbrauchs-Quantum unverkohlter und halb verkohlter Brennmaterialien lassen sich, aus nahe liegenden Gründen, nicht gut allgemeine Regeln aufstellen. — Die in den folgenden Beispielen angegebenen Maße sind, wo es nicht anders bemerkt ist, Preußisch (Rheinländisch). Die Centner sind Zollcentner (à 50 Kilogr.). Unter »tägliche Produktion« ist das Ausbringen an Roheisen während 24 Stunden zu verstehen.

Rel. Kohlenvrb. = 1,5 — 2,0. (Grau. Roh.) Windpressung = 2,3''.

Bei den Belgischen Holzkohlen-Hohöfen an der Sambre und zwischen der Sambre und Maas, welche mit zwei Formen betrieben werden, (es sind deren 13 vorhanden) ist, nach Valerius*), der günstigste relative Kohlenverbrauch — welcher sich nur bei Anwendung der besten Eichenholzkohlen herausstellt — etwa = 1,5, unter weniger günstigen Umständen ungefähr = 2. Man verschmelzt in denselben verschiedene Arten Brauneisenstein mit einem Eisengehalte bis über 50 Proc. und erzeugt daraus graues Roheisen. Die Oefen sind alle über 30 F. hoch; ihr Kohlensack liegt $^1/_3$ dieser Höhe über der Heerdsohle und hat 6,5 F. Durchmesser. Höhe des Ge-

---

*) Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation, übersetzt von Hartmann, S. 544.

stells = 5,7 F. Die Pressung der kalten Gebläseluft beträgt etwa 2,3 Z. Quecksilber. Tägliche Produktion 80 Ctr. höchstens, gewöhnlich 70 Ctr. und weniger. — Bei den Hohöfen zu Marche-les-Dames (im Bezirk von Namur) beläuft sich der relative Kohlenverbrauch nach dreijährigem Durchschnitt auf 2,08. Die Erze (Braun- und Rotheisensteine) haben 35 Proc. sehr graues Frischroheisen gegeben. Höhe des Ofens = $28^1/_2$ F.; Kohlensackdurchmesser desselben = 7,6 F.; Gichtdurchmesser = 1,9 F. Dieser Ofen wird mit nur einer Form und kaltem Winde betrieben. Tägliche Produktion = 32 — 44 Ctr. — Ein Hohofen zu Berg (in der Provinz Luxemburg) producirt 1 Gwthl. Roheisen mit einem Aufgange von 1,5 — 2,0 Gwthl. harter Holzkohle, jenachdem das Eisen mehr oder weniger grau ist. Er ist etwas über 31 F. hoch, hat $7^1/_3$ F. Kohlensackdurchmesser und nicht ganz 3 F. Gichtweite. Der Kohlensack liegt $9^1/_4$ F. über dem Bodenstein. Das Gestell ist oben $2^1/_4$ F., unten $1^3/_7$ F. weit. Der Rastwinkel von 55° wurde für zu gering gehalten, und sollte, wegen Strengflüssigkeit der Erze, auf 67 — 69° erhöht werden. Man wendet zwei Düsen von kaum 2 Z. Durchmesser an und bläst mit kalter Luft von 1 — 1,3 Z. Quecksilber Pressung. Tägliche Produktion = 47 Ctr.

Rel. Kohlenvrb = 2,08 (Grau. R.)

Rel. Kohlenvrb. = 1,5 — 2,0. (Grau. R.). Windpressung = 1,15″.

Die Holzkohlen-Hohöfen in Toskana. Es sind deren vier vorhanden. Sie verschmelzen meistentheils Eisenglanz von der Insel Elba, mitunter auch Roth- und Brauneisenstein. Der Eisengehalt der Erze beträgt 60 — 65 Proc. und wird zu 56 — 62 Proc. ausgebracht. Der relative Kohlenverbrauch (Laubholz- und zwar meist Eichenholz-Kohlen) beläuft sich, nach Garrella*), nur auf 1,0 — 1,2 bei Anwendung von kaltem Winde; bei heißer Gebläseluft sogar nur auf 0,9. Alles dargestellte Roheisen (meist halbirtes und grauweißes) ist für den Frischerei-Betrieb bestimmt. Die Oefen sind $22^1/_2$ — $26^1/_2$ F. hoch, haben den Kohlensack, dessen Durchmesser = $5^3/_4$ — 7 F., fast in der Mitte ihrer Höhe und zum Theil kein Obergestell.

Rel. Kohlenvrb. = 0,9 — 1,0 — 1,2 (Grauw. R.).

Die folgende Zusammenstellung einiger der wichtigsten Verhältnisse bei dreien dieser Oefen dürfte von Interesse seyn.

Hohöfen von:	Tägliche Produktion.	Ofen-Capacität.	Windmenge pr. Min.	Pressung des Windes.	Temperatur des Windes.
Fellonica	270 Ctr.	438 Cub.-F.	1132 Cub.-F.	2,65 Z. Q.	—
Cecina	190 »	281 »	905 »	1,92 »	—
San Leopoldo	220 »	362 »	846 »	2,65 »	160° C.

Die Windmengen sind auf 0° und 28″ Bar. berechnet.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Lölling in Unter-Kärnthen sind sogenannte Blauöfen (Hohöfen mit geschlossener Brust und ohne Obergestell). Es werden in denselben Spatheisensteine, Braunerze (verwitterter

*) Ann. d. mines. 3. sér. T. 16, p. 3.

Rel. Kohlenvrb. = 0,63 (Spiegeleisen). Windpressung = 1''. Windtemperat. = 165°.

Spatheisenstein) und Glaskopf verschmolzen, welche nach der Röstung zu etwa 52 Proc. Eisengehalt gattirt werden. Der relative Verbrauch an Fichtenkohlen (?) (1 Cub.-F. noch nicht ganz $8^1/_2$ Pfd. Preuß. wiegend) beträgt, nach Tunner*), nicht mehr als 0,60 — 0,65. Die Oefen sind 40 F. hoch, am Bodenstein 44 Z., im Kohlensack $9^1/_2$ F. und an der Gicht 3 F. weit. Der Kohlensack liegt 14 F. über dem Bodenstein. Sie sind mit drei Düsen von $2^2/_3$ Z. Durchmesser versehen, welche dem Ofen, bei einem Druck von 0,9 — 1,1 Z. Quecksilber, in der Minute etwa 1250 Cub.-F. Luft zuführen. Man wendet erhitzte Gebläseluft von 160 — 175° C. an. Das ausgebrachte Roheisen (schwach bis stark halbirte Floßen) dient zum Verfrischen. Tägliche Produktion eines solchen Ofens = 325 — 340 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,2. Spiegeleisen). Windpressung = 1,3''. Windtemperat. = 250°.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Hieflau in Steyermark verschmelzen ungeröstete Spatheisensteine ohne Zuschlag. Der relative Verbrauch an (Fichten- und Tannen-) Kohlen beträgt noch nicht ganz 1,2. Die Oefen (Blauöfen) haben 36 F. Höhe und sind am Bodenstein, im Kohlensack und an der Gicht respective 54 Z., 7 F. und 30 Z. weit. Der Kohlensack liegt in $^1/_3$ der Schachthöhe. Die Erze werden zu 41 Proc. ausgebracht. Man bläst durch zwei Düsen von $2^1/_2$ Z. Durchmesser. Windpressung 1,25 — 1,33 Z. Quecksilber. Die Gebläseluft wird bis 250° C. erhitzt. Tägliche Produktion = 210 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,73 (Grau. R.) Windpressung = 2,5''. Windtemperat. = 125°.

Bei dem Holzkohlen-Hohofen zu Malapane in Oberschlesien finden, nach Wachler**), folgende Verhältnisse statt. Man verschmelzt hier zweierlei Erze, nämlich mulmige, sehr kieselthonreiche Brauneisenerze (Großsteiner Erze) von kaum 24 Proc. und Sphärosiderite (Babkowsker Erze) von 38 — 40 Proc. Eisengehalt. Das dazu verwendete Brennmaterial besteht in weichen Holzkohlen, einem Gemenge von Kiefern- und Fichtenkohle, wovon 1 Cub.-F. durchschnittlich 11 Pfd. Preuß. wiegt. Bei dem früheren Betriebe mit kalter Gebläseluft belief sich der relative Kohlenverbrauch bei den Großsteiner Erzen (Beschickung, incl. Kalkzuschlag, etwa 20 Proc. Eisen haltend) auf 2,66, bei den Babkowsker Erzen (Beschickung, incl. Kalkzuschlag, etwa 38 Proc. Eisen haltend) auf 1,62. Das Roheisen dient ausschließlich zu Gußwaaren und ist in der Regel grau. Durch Einführung der erhitzten Gebläseluft stellten sich diese Resultate bedeutend günstiger. Bei Anwendung eines durchschnittlich 116° C. warmen Windes betrug der relative Kohlenverbrauch bei den Großsteiner Erzen 1,81, und bei den Babkowsker (160° C.) nur 1,00. Gewöhnlich gattirt man die Großsteiner Erze mit ungefähr $^1/_3$ der Babkowsker, so daß ein Durchschnittsgehalt der Gattirung von etwa 28 Proc. herauskommt, welcher einem Gehalte

---

*) Tunner's Jahrb. II. S. 220, III. und IV. S. 82.

**) Wachler, die Eisenerzeugung Oberschlesiens, Hft. 3, S. 16 und S. 41.

der Beschickung (mit 11 Proc. Kalk) von 25 Proc. entspricht. Eine derartige Beschickung mit heißem Winde von 100 — 150° C. verschmolzen, erfordert einen durchschnittlichen relativen Kohlenaufgang von 1,70 — 1,76. Der Malapaner Hohofen ist 30 F. hoch, und seine übrigen Dimensionen sind folgende*): Gichtweite 3 F.; Kohlensackweite 7 F.; obere Gestellweite 2,16 F.; untere Gestellweite 1,25 F.; Gestellhöhe 5,5 F.; Rasthöhe 4 F. (Rastwinkel 60°). Früher waren seine Dimensionen etwas abweichend von den oben gegebenen; auch wendete man zwei Düsen von $1^5/_8$ Z. Durchmesser an, während der Durchmesser der jetzt in Gebrauch stehenden $1^3/_4$ Z. beträgt. Der ältere, in seiner Capacität etwas geringere Ofen erhielt, bei 2 Z. Quecksilber gepreßtem Winde, pr. Minute nur etwa 560 Cub.-F. kalte Luft von atmosphärischer Dichtigkeit, und bei 225° C. heißem Winde und $2^1/_2$ Z. Quecksilber-Pressung sogar nur 470 Cub.-F. Luft. Der neu construirte Ofen erhält eine größere Windmenge**). — Tägliche Produktion, zufolge der neuesten Angaben, 52 — 53 Ctr.

Der Holzkohlen-Hohofen zu Lauchhammer***) (in der Preußischen Provinz Brandenburg). Man verschmelzt hier Raseneisensteine von 37 — 40 Proc. Eisengehalt, welche mit Magnet- und Brauneisensteinen so gattirt werden, das 14 Volthl. Raseneisenstein auf 1 Volthl. der letzteren kommen. Nur der Magneteisenstein wird geröstet, während die Vorbereitung der anderen beiden Erzsorten bloß in einem 1 — $1^1/_2$ Jahre langen Liegen an der Luft besteht. Die gattirten Erze, welche in Stücken von Wallnuß- bis Erbsengröße angewendet werden, beschickt man mit $6^1/_2$ — 10 Vol. Proc. Kalkstein. Die gesammte Beschickung besitzt nach der Probe im Kleinen einen durchschnittlichen Eisengehalt von 37 Proc., und wird bei ihrer Verschmelzung im Großen zu etwa 33,5 Proc. ausgebracht. Da der Betrieb vorzugsweise auf Gußwaaren gerichtet ist, so pflegt man alle Eisenabfälle aus der Gießerei u. s. w. sogleich wieder auf den Hohofen zu geben und mit der Beschickung durchzuschmelzen. Der Zusatz von solchem umzuschmelzenden Eisen (Schaaleneisen, Kelleneisen) betrug früher gewöhnlich 10 Proc. der Erzgattirung, so daß ungefähr 0,23 der täglichen Roheisenproduktion auf umgeschmolzenes Eisen kamen. Neuerlich hat man diesen Roheisenzusatz bedeutend gesteigert, zeitweise bis zu 30 Proc. der Erzgattirung, so daß dadurch etwa 0,47 der täglichen Roheisenproduktion auf umgeschmolzenes Roh-

Rel. Kohlenvrb. = 0,91 (Grau. R.) Windpressung = 7''. Windtemperat. = 140°.

*) Förster in demselben Werke, Hft. 6, S. 86.

**) Derselbe, l. c., S. 88.

***) Einen Theil der in diesem Abschnitte angeführten, sich auf einzelne Eisen-Hüttenwerke beziehenden Daten verdanke ich der gütigen Mittheilung mehrerer Hüttenbeamten, unter denen ich die Herren Buschbeck (Lauchhammer), Roth (Ilsenburg), Bischof (Mägdesprung) und v. Lilienstern (Marienhütte) hier zu nennen mir erlaube.

eisen kommen. Als Brennmaterial dienen gute Nadelholzkohlen, von denen 1 Cub.-F. gegen 10 Pfd. Preuß. wiegt. Das ausgebrachte Roheisen ist lichtgrau bis grau, hat feinen Schaum (Graphit) und ist weich und haltbar.

Die Dimensionen des Hohofens sind folgende:

Höhe des ganzen Ofenschachtes . . .	27′	6″
» des Kohlensacks über dem Bodenstein	7′	5″
» der Rast (vertikal gemessen) . . .	3′	9″
(Rastwinkel = 52⁰)		
Höhe des Gestells	3′	7″
» der Form über dem Bodenstein .	1′	$^1/_2$″
Weite der Gicht	3′	10″
» des Kohlensacks	7′	6″
» des Gestells oben	1′	$5^1/_8$″
» des Gestells unten	1′	$2^1/_2$″
Cubischer Inhalt des ganzen Ofenraums 483 Cub.-F.		

Der Ofen erhält seinen Wind durch ein Cylindergebläse mit zwei Cylindern von 38 Z. Weite und 42 Z. Hubhöhe. Da das Gebläse in der Minute 5,2 Spiele macht, also 20,8 Cylinder Wind liefert, so beträgt die pr. Minute ausströmende Windmenge, nach Abzug von 15 Proc. Windverlust, 488 Cub.-F. Luft von atmosphärischer Dichtigkeit. Ein hiervon sehr abweichendes Resultat erhält man dagegen aus folgenden Daten. Düsenöffnung = 0,01163 Quad.-F.; Windtemperatur = 140⁰ C.; Barometerstand = 28,5 Z.; Manometerstand = 7 Z. Hieraus ergeben sich pr. Minute 436,5 Cub.-F. Luft von 140⁰ C. = 294 Cub.-F. Luft von 0⁰ C. (und 28 Z. Bar.) = 310 Cub.-F. Luft von 18⁰ C.*). Der relative Kohlenverbrauch beläuft sich bei einem bloßen Erzschmelzen (ohne Anwendung des obengedachten Roheisenzusatzes) auf 0,91; bei einem mit Umschmelzung von 30 Proc. (der Gattirung) Roheisen verbundenen Schmelzen — wenn das verbrauchte Kohlenquantum nur auf das aus den Erzen dargestellte Roheisen bezogen wird — dagegen auf 0,98. Tägliche Produktion bei einer Schmelzung ohne Roheisenzusatz = 90 Ctr.; bei einer Schmelzung mit Roheisenzusatz — wobei letzterer in Abrechnung gebracht — gleich $73^1/_3$ Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,0 (Grau. R.). Windpressung = 1,5″. Windtemperat. = 230⁰.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Ilsenburg (am Harz) verschmelzen eine aus Eisensteinen sehr mannigfaltiger Art zusammengesetzte Gattirung. Man wendet Eisenglanz, Roth-, Magnet- und Brauneisenstein an und unterscheidet von jeder dieser Sorten wieder mehrere Unterabtheilungen, je nachdem dieselben mehr oder weniger rein, kieselig (und thonig) oder kalkig sind.

*) Von dem Grunde dieser beträchtlichen Differenz zwischen den nach beiden Berechnungsarten gefundenen Windmengen wird weiter unten, bei den Belgischen Kohks-Hohöfen, die Rede seyn.

Ein passender Zusatz von kalkigem Eisenstein zu den anderen Erzarten macht einen besonderen Kalkzuschlag unnöthig. Der Eisengehalt der einzelnen Sorten variirt von 25 Proc. (klarer Brauneisenstein) bis zu 65 Proc. (reichster Magneteisenstein). Sämmtliche diese Erze, mit Ausnahme des klaren Roth- und Brauneisensteins, werden vor ihrem Verschmelzen geröstet. Die Röstung der kieseligen und kalkigen Erze geschieht in 15 F. hohen und 4 — 5 F. weiten (Rumford'schen) Schachtöfen, und die der reinen, namentlich der Brauneisensteine, in 7 F. hohen, 19 F. langen und 12 F. breiten Stadeln auf die Art, daß, durch entsprechendes Schließen und Oeffnen der Zuglöcher in den Umfassungswänden, ein Niederbrennen des mit dem Eisenstein geschichteten Brennmaterials von oben nach unten — wie bei einem Holzmeiler — stattfindet. Unterirdische Zugkanäle verstärken hierbei den Luftzug und vertreten solchergestalt die Fußräume eines Meilers. Bei dieser Construktion und der Anwendung von fichtenem Reisig und Fichtenzapfen ist es leicht, selbst klare Erze zu rösten*). Unmittelbar nach der Röstung werden die Eisensteine in niedrigen Haufen im Freien aufgestürzt, und, sobald dieselben durch atmosphärische Einwirkung hinreichend feucht geworden sind, vermittelst eines Walz-Quetschwerkes — aus zwei Walzenpaaren bestehend, von denen das eine dem anderen zuförderf — zweckmäßig zerkleinert. Bei den kieseligen (strengflüssigen) Sorten erzielt man durch ein unterhalb des unteren Walzenpaares angebrachtes Schlagratter ein sehr gleichmäßiges rösches Korn, fast ohne Staub. Die anderen (leichtflüssigeren) Erze werden etwas gröber gewalzt, um eine hinreichende Lockerheit der Schmelzsäule im Hohofen zu bewirken. Die auf solche Weise zerkleinerten Eisensteine fährt man zu großen Haufen auf, welche gewöhnlich 2 — 3 Jahre der Witterung ausgesetzt bleiben, ehe sie zur Verhüttung kommen. Nur die reinen Brauneisensteine pflegt man in kürzerer Zeit anzuwenden. Alle schwefelkieshaltigen Erze werden nach ihrer Röstung einem jahrelangen Auslaugungs- und Verwitterungs-Processe im Freien unterworfen. Ist bei ihnen eine kräftige Einwirkung dieses Processes wahrzunehmen, und sind sie schon — namentlich durch den

---

*) Der Aufgang von Brennmaterial bei den verschiedenen Erzsorten beträgt im Durchschnitt für 1 Cub.-F. rohes Material bei

1) den reinen Eisenglanzen, Rotheisensteinen und Magneteisensteinen	0,4 Cub.-F. fichtene Quandelkohle 0,1 Cub.-F. fichtene Zapfen
2) den reinen Brauneisensteinen	0,32 Cub.-F. fichtene Zapfen 0,21 Bündel fichtenes Reisig (12 Z. Durchm.)
3) den kieseligen Eisenglanzen, Rotheisensteinen und Magneteisensteinen	0,39 Cub.-F. fichtene Quandelk. 0,31 Cub.-F. fichtene Zapfen
4) den kalkigen Eisenglanzen, Rotheisensteinen und Magneteisensteinen	0,41 Cub.-F. fichtene Quandelk. 0,15 Cub.-F. fichtene Zapfen.

Winterfrost — sehr zerfallen, so werden sie zerquetscht und dann nochmals einige Sommermonate hindurch ausgelaugt. —

Gewöhnlich gattirt man gegen 42 Proc. reiner Eisensteinsorten mit 35 Proc. kalkigen und 23 Proc. kieseligen, und sucht dabei einen Durchschnitts-Eisengehalt der Beschickung von 35 — 37 Proc. zu erreichen *). Als Zuschlag bedient man sich 5 Proc. alter Zerrennschlacken (von früher hier betriebenen Zerrennfeuern herrührend) und 1 Proc. Frischschlacken. Der Be-

*) Herr Roth analysirte eine solche Beschickung und fand dieselbe zusammengesetzt aus:

Eisenoxyd	21,06
Eisenoxyd-Oxydul ($\underline{\dddot{Fe}}\,\dot{Fe}$)	10,05
Kieselsaures Eisenoxydul ($\dot{Fe}_3\,\dddot{Si}$)	9,02
Kohlensaures Eisenoxydul	1,30
Schwefeleisen ($\dot{Fe}$)	0,88
Kupferoxyd	0,29
Manganoxyd-Oxydul ($\underline{\dddot{Mn}}\,\dot{Mn}$)	0,74
Schwefelzink ($\dot{Zn}$)	0,04
Phosphorsäure	0,53
Kieselerde	25,39
Kohlensaure Talkerde	0,96
Talkerde	0,49
Kohlensaure Kalkerde	20,72
Kalkerde	2,71
Thonerde	3,94
Wasser	2,10
	100,22

Die von einer derartigen Beschickung fallenden Schlacken zeigten bei zwei Analysen folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	57,16 —	57,6
Kalkerde	28,38 —	29,5
Eisenoxydul	1,99 —	1,4
Manganoxydul	2,77 —	1,6
Kupferoxyd	0,40 —	0,4
Talkerde	2,82 —	2,5
Thonerde	5,48 —	7,2
Kali, Phosphorsäure und Verlust	1,00 —	0,0
	100,00	100,2

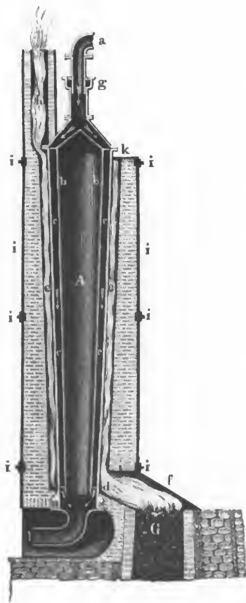
Hiernach sind dieselben ein Gemenge aus Bi- und Trisilicat von $\dot{R}$ mit Singulosilicat von Thonerde. Rechnet man letztere zu den elektro-negativen Bestandtheilen, so ergiebt sich sehr nahe die Formel eines Trisilicates = $\dot{R}\,(\dddot{Si})$. Bei sehr gaarem Gange des Ofens bildet sich nicht selten eine in hexagonalen Säulen krystallisirte Schlacke, welche eine ähnliche Zusammensetzung wie die gleichkrystallisirte Schlacke von Saynerhütte, nach Schnabel, zu haben scheint. Letztere führt, wenn man die Thonerde als elektro-negativen Bestandtheil betrachtet, zu der Formel $3\,\dot{R}\,(\dddot{Si}) + 2\,\dot{R}^3(\dddot{Si})^2$. —

trieb ist vorzugsweise auf Gußwaaren gerichtet und man arbeitet daher auf die Gewinnung eines grauen, weichen, dabei aber hinreichend festen und dichten Roheisens hin, welches von einer leichtflüssigen, glasigen Schlacke begleitet wird. — Die Verschmelzung der bezeichneten Beschickung geschieht in Hohöfen von folgenden Dimensionen:

Höhe des ganzen Ofenschachtes . .	29 F.	6 Z.
» der Rast	4 »	— »
» des Gestells	4 »	6 »
Weite der Gicht	4 »	6 »
» des Kohlensacks	7 »	6 »
Cubischer Inhalt des Ofenschachtes (excl. Gestellraum) . . .	677 Cub.-F.	

Eine Gicht (ein Aufgeben) besteht aus 27 Cub.-F. Holzkohlen und 7 — 8 Cub.-F. Möller (Beschickung). In 24 Stunden werden 30 — 32 solcher Gichten durchgesetzt; so daß also die Erze 16 — 17 Stunden im Ofenschachte weilen. Bei raschere Gichtenwechsel, der durch Anwendung eines größeren Windquantums leicht herbeigeführt werden kann, wird bei demselben Verhältnisse zwischen Kohlen und Beschickung und bei derselben Temperatur des Windes das erblasene Roheisen weniger grau und weich, sondern geht — bei regelmäßigem Gange und grauweißer Schlacke — in ein mehr oder weniger weißes und hartes Roheisen über, welches zu Gußwaaren ganz untauglich werden kann, für den Frischproceß aber sehr gut geeignet ist. — Die zu einer Gicht erforderlichen Kohlen bestehen in 21,6 Cub.-F. fichtenen und in 5,4 Cub.-F. eichenen oder buchenen. Der Cub.-F. der ersteren wiegt im Durchschnitt 8 Pfd. und der von diesen 13 Pfd. Preuß. — Die Erwärmung des Windes geschieht in einem ringförmigen, 18 F. hohen, über der Gicht angebrachten Apparate, dessen Einrichtung man aus nebenstehender Figur ersieht.

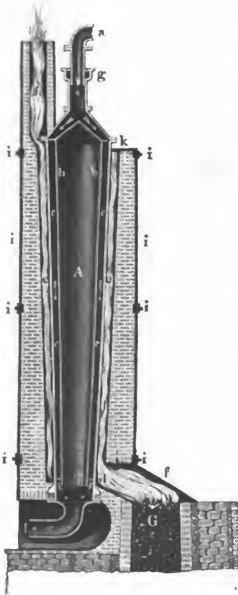
Fig. 141.



G, die Gicht, von welcher die Gichtflamme, durch die eiserne Thür *f* am

Entweichen verhindert, bei *d* in den mantelförmigen Raum *e e* tritt, und von hier in die Esse *h* gelangt. In jenem Raume *e e* umspielt die Flamme den Apparat *A*, in welchem der Wind erwärmt wird. Letzterer nimmt von *a* seinen Weg, wie es die Pfeile andeuten, und wird in einem gewöhnlich auf 225° — 240° C. erhitzten Zustande von *l* aus durch einen Röhrenstrang zu den Düsen geführt. Der Apparat *A* besteht aus zwei konischen Gefäßen von Eisen, welche den mantelförmigen Raum *c c* zwischen sich lassen. Der lichte Durchmesser des äußeren Gefäßes ist oben 3 F. und unten 2 F., der des inneren oben 2 F. 9 Z. und unten 1 F. 9 Z. Die Breite des mantelförmigen Raumes *c c* also 3 Z. Die Erhitzung läßt sich durch einen solchen Apparat, wenn durch Schließen der Gichtklappe *f* die ganze Gichtflamme benutzt wird, bis weit über 300° C. treiben. *g* Stopfbüchse; *i, i* eiserne Anker. Die Pressung des erhitzten Windes beträgt $1\frac{1}{2}$ Z. Quecksilber; Düsendurchmesser = $1\frac{1}{2}$ Z. Durch zwei Düsen gelangen demnach in der Minute etwa 500 Cub.-F. Wind (von atmosphärischer Dichtigkeit und 0° Temperatur) in den Ofen. — Die Campagnen dauern gewöhnlich drei Jahre. Relativer Kohlenverbrauch = 1,0. Tägliche Produktion 68 — 72 Ctr.

Fig. 141.



Rel. Kohlenvrb. = 1,06. Windpressung = 2''. Windtemperat. = 190°.

Die Holzkohlen-Hohöfen von Rothehütte (am Harz) verschmelzen ganz ähnliche Eisensteine wie die Ilsenburger Hütte. Die Röstung der reinen), kieseligen und kalkigen Rotheisensteine und der (wenigen) Magneteisensteine geschieht in freien Haufen mit fichtenen Quandelkohlen und Fichtenzapfen. Die Brauneisensteine, welche ungefähr 50 Proc. der Beschickung ausmachen, gelangen ungeröstet zur Verschmelzung. Die Zerkleinerung der größeren Erzstücke — etwa bis zur Taubenei-Größe — wird durch ein Pochwerk bewirkt, wobei jedoch die Bildung einer nicht unbeträchtlichen Menge Staubes unvermeidlich ist. Der durchschnittliche Eisengehalt der Erzgattirung, welche aus 60 — 70 Proc. reinen und 30 — 40 Proc. kalkigen und kieseligen Eisensteinen besteht, beträgt 36 — 38 Proc. Der Betrieb ist, ab-

weichend von Ilsenburg, nicht vorzugsweise auf Gußeisen gerichtet, sondern etwa die Hälfte des erblasenen Eisens wird zur Stabeisen-Fabrikation verwendet. Die Hohofen-Dimensionen sind folgende:

Höhe des ganzen Ofenschachtes	32,57	Fuß.
» » Gestells	4,65	»
Rastwinkel	45°	
Weite des Kohlensacks . . .	8,38	»
» der Gicht	5,58	»
Cubischer Inhalt des Ofenschachtes (excl. Gestellraum) =	1025	Cub.-F.

Eine Gicht besteht aus 24,2 Cub.-F. Kohlen und 7,7 Cub.-F. Beschickung. Der Cub.-F. dieser Holzkohlen ($^2/_3$ fichtene und $^1/_3$ buchene) wiegt 10—10$^1/_3$ Pfd. In 24 Stunden werden 42 bis 45 Gichten durchgesetzt, so daß also die Erze etwa 19 Stunden im Ofenschachte verweilen. Der bis auf ungefähr 190° C. erwärmte Wind streicht mit 2 Z. Quecksilber-Pressung durch zwei Düsen von 2$^1/_4$ Z. Durchmesser in den Ofen, welcher hiernach in der Minute 800 Cub.-F. Wind von 0° Temperatur und atmosphärischer Spannung erhält. — Man hat auf Rothehütte Campagnen von 8—9 Jahren gehabt. — Relativer Kohlenverbrauch bei Anwendung gemengter Kohlen ($^2/_3$ fichtene und $^1/_3$ buchene) = 1,0, bei Anwendung von bloß Fichtenkohlen = 1,13. Tägliche Produktion 100—103 Ctr.

Der Holzkohlen-Hohofen zu Mägdesprung im Harz verschmelzt eine größtentheils aus Spatheisenstein bestehende Gattirung, welche außerdem noch mehr oder weniger Sphärosiderit, Brauneisenstein, Rotheisenstein und Thoneisenstein enthält und mit gerösteter Frischschlacke und Kalkzuschlag beschickt wird. Die meisten dieser Erze werden zuvor in einem Schachtofen mit Holzkohle geröstet. Die Größe des Korns, in welcher dieselben zur Verschmelzung gelangen, wechselt bei den verschiedenen Sorten von der einer Wallnuß und darüber bis zur völligen Pulverförmigkeit. Der Betrieb ist gewöhnlich auf graues Roheisen gerichtet, doch wird auch während kürzerer Perioden Weißeisen für die Frischfeuer gewonnen.

Rel. Kohlenvrb. = 1,18 (Weiß. R.). Windpressung = 2$^1/_8$". Windtemperat. = 225°.

In einer solchen, 39 Wochen langen Periode im Jahre 1851 wurden zu Weißeisen verschmolzen:

16444	Karren	Spatheisenstein	geröstet
1436$^1/_2$	»	Sphärosiderit	geröstet
3913$^1/_2$	»	Brauneisenstein	nicht geröstet
2194	»	Rotheisenstein	nicht geröstet
2719	»	Frischschlacke, geröstet	
1675$^1/_2$	»	Kalkstein	
28382$^1/_2$	Karren-Beschickung.		

Die Erz-Gattirung wurde zu ungefähr 38 Proc. ausgebracht. Bei dem Betriebe auf Gußroheisen beschickt man zu einem beträchtlich geringeren Procentgehalt, gewöhnlich nur zu 27—30 Proc., mitunter noch geringer. Die zur Verschmelzung dienenden Holzkohlen sind alle aus harten Hölzern erzeugt, namentlich aus Buchen, Eichen und Birken. 1 Cub.-F. solcher Gemengkohle wiegt durchschnittlich 14,5—15,0 Pfd. Der Hohofen hat folgende Dimensionen: Ganze Schachthöhe = $30^1/_3$ F., Durchmesser der Gicht = $3^1/_2$ F., des Kohlensacks = 8 F., des Gestells oben = $2^1/_6$ F., unten $1^1/_3$ F.; Höhe des Gestells = $4^7/_{12}$ F.; der Formen über der Heerdsohle = $1^1/_6$ F., der Rast = $^{10}/_{12}$ F., Rastwinkel = 20°. Dieser außerordentlich kleine Rastwinkel bildet eine Eigenthümlichkeit des Mägdesprunger Ofens. Es ist jedoch nicht möglich, daß eine so flache Rast während längerer Zeit einen Einfluß auf den Schmelzproceß ausübe (S. 83); sondern es ist sicher, daß dieselbe allmälig die Bildung einer natürlichen Rast (von vielleicht mehr als 45° Steilheit) veranlaßt, welche sich von zusammengesinterter Beschickung und Kohle aufbaut. Untersuchungen nach dem Ausblasen des Ofens haben dies außer Zweifel gesetzt. Man bedient sich zweier (Wasser-) Formen mit Düsen von $1^5/_8$ Z. Durchmesser; und zwar sind die Formen — was in Bezug auf die wirklich in den Ofen gelangende Windmenge von Wichtigkeit ist — völlig geschlossen (S. 38), so daß die Düsen scharf darin passen. Letztere liegen nicht völlig horizontal, sondern mit ihren Achsen 4—5° dem Heerde zugeneigt. Pressung des Windes = $1^3/_4$—$2^1/_2$ Z. Quecksilber; Temperatur desselben = 200—250° C. Die Windmenge (auf mittleren Barometerstand und 10° C. Temperatur reducirt), welche der Ofen pr. Minute erhält, beläuft sich auf etwa 600 Cub.-F. Dies ergiebt sich durch Berechnung aus dem Gange des Gebläses und bei Abzug von 12 Proc. Windverlust. Der cubische Inhalt des Ofenschachtes, ohne Gestellraum, beträgt ungefähr 800 Cub.-F. Relativer Kohlenverbrauch bei der Erzeugung von Weißeisen = 1,18; bei der Erzeugung von grauem Roheisen bis zu etwa 1,56 steigend. Tägliche Production = 62 Ctr. Weißeisen. Von grauem Roheisen wird eine geringere Menge gewonnen; beim Verschmelzen einer 25 Proc. haltenden Gattirung nur etwa 45 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,5 (Grau. R.). = 1,0 (Weiß. R.). Windpressung = 2"—$2^1/_8$" — $2^2/_8$". Windtemperat. = 160° — 230°.

Der Holzkohlen-Hohofen zu Katzhütte im Thüringerwalde producirt theils graues, theils weißes Roheisen. Seine Haupt-Dimensionen sind folgende: Ganze Schachthöhe = 31 F.[1]); Gestellhöhe = $4^1/_2$ F.; Rasthöhe = $2^1/_2$ F.; Kohlensackhöhe = 1 F.; Höhe des oberen Schachtes (oberhalb des Kohlensacks) = 23 F. Durchmesser der Gicht = 3 F., des Kohlensacks = 7 F. Rastwinkel 43°. Das Gestell hat in sei-

*) Alle sich auf diesen Hohofen beziehenden Maße sind Leipziger Maß: 1 F. Leipz. = 0,902 F. Rheinl.

nem horizontalen Durchschnitt die Gestalt eines Rechtecks, welches an der Rast 25 Z. lang und — von Form- zu Formseite — 19 Z. breit ist, am Boden dagegen 19 Z. Länge und 16 Z. Breite besitzt. Als Brennmaterial wendet man ein Gemenge von $^3/_4$ Fichten- und Tannenkohlen und $^1/_4$ Buchenkohlen an. 1 Cub.-F. Rheinl. solcher Gemengkohle wiegt durchschnittlich 11,3 Pfd. Bei der Production von grauem Roheisen finden folgende Verhältnisse statt. Die Beschickung besteht aus 32 Proc. Rotheisenstein, 34 Proc. kalkschüssigem Brauneisenstein, 20 Proc. rothem und braunem Thoneisenstein und 14 Proc. Kalk. Die Erze kommen theils in Stücken von 1—$1^1/_2$ Cub.-Z., theils in Pulverform zur Verschmelzung. Nur ein Theil (etwa 28 Proc.) derselben wird — theils seines Schwefelgehaltes, theils der besseren Zerkleinerung wegen — zuvor geröstet. Nach der Probe im Kleinen enthält die Erzgattirung 36 Proc. Eisen; im Großen werden ungefähr 30 Proc. ausgebracht. Man bläst mit 2 Formen, jede zu $1^3/_4$ Q.-Z. Querschnitt, und mit einer Pressung von 2 Z. Quecksilber. Windtemperatur = 150°—170° C. Relativer Kohlenverbrauch = 1,5. Tägliche Produktion = 36 Ctr., mitunter bis zu 46 Ctr. gesteigert. — Bei der Erzeugung von einem dem Spiegeleisen nahe stehenden weißen Roheisen ist die Beschickung zusammengesetzt aus: 35 Proc. kalkschüssigem Brauneisenstein, 35 Proc. mergelthonigem Brauneisenstein, 20 Proc. Spatheisenstein und 10 Proc. braunem Thoneisenstein. Gegen 30 Proc. dieser Erze, darunter der Spatheisenstein, werden geröstet. Der Eisengehalt der Erzgattirung nach der Probe im Kleinen beträgt 45 Proc., das Ausbringen im Großen ist 40 Proc. Als Zuschlag wird bisweilen $^1/_2$ Proc. Flußspath angewendet. Man bedient sich zur Weißeisen-Erzeugung stets eines schon länger im Betriebe gestandenen und dadurch im Gestell ausgeweiteten Hohofens, der überdies noch mit geschlossener Brust vorgerichtet wird. Die beiden Düsen haben jede $2^1/_4$ Q.-Z. im Querschnitt. Windpressung = $2^1/_3$—$2^2/_3$ Z. Quecksilber. Windtemperatur = 210°—250° C. Relativer Kohlenverbrauch = 1,0. Tägliche Produktion = 72—92 Ctr.

Ein Holzkohlen-Hohofen bei Wiesbaden im Nassauischen hat 26 F. Höhe, 8 F. Kohlensack-Durchmesser, $3^1/_2$ F. Gichtweite und $2^1/_2$—$2^3/_4$ F. obere Gestellweite. Gestellhöhe 4 F., Rasthöhe = $4^1/_2$ F., Kohlensackhöhe = $^1/_2$ F. Rastwinkel = 61°. Er wird mit einer Düse von 1,7—2 Z. Durchmesser betrieben, je nach dem Schmelzgange und der beabsichtigten Produktion. Die Pressung des erhitzten Windes beträgt 1,8—1,9 Z. Quecksilber. Die Erze, größtentheils kalkreiche Rotheisensteine, werden ungeröstet verschmolzen. Man pocht dieselben etwa bis zu Wallnußgröße, und gattirt dieses gröbere Erz mit ungefähr gleich viel Grubenklein von kaum Erbsengröße. Eine solche Gattirung, welche keines Kalkzuschlages bedarf (zuweilen aber mit 6—8 Proc. Thonschiefer beschickt wird), bringt man zu

Rel. Kohlenvrb. = 1,05 (Grau. R.). Windpressung = 1,85″.

38—40 Proc. aus. Die angewendeten Holzkohlen sind buchene, von denen 1 Cub.-F. 14—15 Pfd. wiegt. Relativer Kohlenverbrauch = 1,05. Tägliche Produktion = 57 Ctr. graues Gußroheisen.

Rel. Kohlenvrb. = 1,28—1,53 —1,88 (Grau. R.). Windpressun = 1,9″. Windtemperat. = 238°.

Die Holzkohlen-Hohöfen zu Ludwigshütte im Großherzogthum Hessen haben folgende Dimensionen. Höhe des ganzen Ofenschachtes = 31,5 F., des Gestells = 3,7 F. Weite der Gicht = 2,6 F., des Kohlensackes = 7,6 F. und des Gestells oben = 2,4 F. Rastwinkel = 55°. Die Erze bestehen in kieseligem und thonigem Rotheisenstein aus dem Uebergangsgebirge. Beide Arten werden mit einander gattirt und mit ungefähr 8½ Proc. Kalkzuschlag verschmolzen. Aus einer solchen Beschickung gewinnt man 35—36 Proc. graues, graphitreiches Roheisen.

Die angewendeten Kohlen sind Buchenkohlen, von denen 1 Cub.-F. ein Gewicht von 15,4 Pfd. besitzt. Die zu 225°—250° C. erhitzte Gebläseluft wird unter einem Drucke von 1,92 Z. Quecksilber ausgeblsen. Jeder der beiden Oefen ist mit zwei Düsen versehen, deren Durchmesser 1,44 Z. beträgt, und erhält 600—700 Cub.-F. Luft in der Minute. Der relative Kohlenverbrauch stellte sich folgendermaßen heraus. Während einer einzelnen Betriebswoche (vom 31. Januar bis zum 5. Februar 1842) belief sich derselbe beim Ofen No. 1 auf 1,28; während eines ganzen Betriebsjahres (1843) betrug er aber bei demselben Ofen 1,53; und während einer Betriebswoche (12.—18. Februar 1843) erreichte er bei dem — in der Produktion schwächeren — Ofen No. 2 die Höhe von 1,88. Dieser, in Betracht der angeführten günstigen Umstände, sehr beträchtliche Kohlenaufwand wurde dadurch verursacht, daß man aus beiden dieser Oefen — 12½ F. unterhalb der Gicht, durch je 7 rings um den Schacht angebrachte Oeffnungen — die Gichtgase ableitete, um damit drei Gasflammenöfen (1 Puddel-, 1 Weiß- und 1 Glühofen) zu betreiben. Im Jahre 1843 war die tägliche Produktion des Ofens No. 1 = 87 Ctr.; in der angeführten Betriebswoche die des Ofens Nro. 2 = 61 Ctr.*).

Rel. Kohlenvrb. = 4,5 (Grau R.)

Der Holzkohlen-Hohofen zu Eiserfey in der Eifel ist wegen seiner Kleinheit merkwürdig. Er hat nur 19¼ F. Höhe. Sein Gestell ist 2¾ F. und seine Rast 2 F. hoch. Untere Gestellweite = 1 F., obere Gestellweite = 1⅔ F., Kohlensackweite = 4 F. 7 Z. Er wird mit kaltem Winde und einer Form betrieben, welcher man zu gewissen Perioden des Processes eine starke Neigung in den Heerd giebt, um das Eisen weiß zu machen. Der relative Kohlenverbrauch ist = 4,5. Tägliche Produktion = 19 Ctr.

---

*) Bayle, über den Hohofen- und Gashüttenbetrieb zu Ludwigshütte in Hessen im Jahre 1843. Brgksfrnd. Bd. 9, S. 198. Aus Ann. des mines, 4. sér. T. V., p. 457.

Die Schwedischen Holzkohlen-Hohöfen haben gewöhnlich eine Höhe zwischen 28 und 32 F.; selten erreichen sie 34 F. Mehr als ihre Höhe variirt ihr cubischer Inhalt, welcher zwischen 600 und 1500 Cub.-F. liegt. Dies rührt von sehr verschiedenen Weiten-Dimensionen her, indem die Gichtöffnung von 3 bis zu 7 F. Durchmesser und der Kohlensack von verhältnißmäßiger Größe angetroffen wird. Die Eigenthümlichkeiten der Schacht-Construktion dieser Oefen (s. Fig. 139 a, b) bestehen, außer in der weiten Gichtöffnung, in einem niedrigen und weiten Gestell, einer sich krummlinig in den Schacht verlaufenden Rast und einer unterhalb des Kohlensackes mehr oder weniger unsymmetrischen Gestalt der Ofenwände. Die Windmenge, welche ein Schwedischer Hohofen erhält, beläuft sich in der Regel nur auf 300—600 Cub.-F. in der Minute bei einer Pressung von 1—$1^1/_2$ Z. Quecksilber, zuweilen sogar noch unter 1 Z. Die verschmolzenen Erze bestehen, nach der Schwedischen Eintheilung, theils in Bergerzen, theils in Moresterzen. Unter ersteren versteht man alle im älteren (Ur- und Uebergangs-) Gebirge vorkommenden Eisenerze, welche von Quarz und Glimmer, oder von Hornblende, Kalkspath, Pistazit, Granat, Flußspath u. s. w. begleitet zu seyn pflegen; unter letzteren diejenigen, welche man in Deutschland Sumpf- und Rasenerze nennt. Eine dritte Erzsorte, welche man in Schweden unterscheidet, die Seeerze, sind wohl nichts Anderes als Morasterze, welche durch die fließenden Gewässer in die Landseen gespült und hier abgesetzt wurden. Als Brennmaterial dienen vorzugsweise Fichtenkohlen. — Im Hohofen zu Bresven werden Bergerze von 44—45 Proc. Eisengehalt verschmolzen. Vor dem Jahre 1833, als man sich noch des kalten Windes bediente, erhielt dieser Ofen in der Minute 275 Cub.-F. Luft (zu 16° C. Temperatur angenommen) bei nur $^7/_{12}$—$^{10}/_{12}$ Z. Quecksilber-Pressung; später, nach Einführung der erhitzten Gebläseluft, wendete man $1^1/_6$—$1^1/_4$ Z. Quecksilber-Druck an. Bei kaltem Winde erhielt die Erzgattirung $10^1/_2$ Proc. Kalkzuschlag; bei 140°—150° C. heißer Luft erniedrigte man denselben auf $7^1/_2$ Proc. Der relative Kohlenverbrauch betrug im ersten Falle 1,7 und im zweiten Falle 1,4. Die entsprechenden täglichen Produktionen an lichtgrauem Roheisen beliefen sich auf $51^1/_2$ Ctr. und $58^3/_4$ Ctr. — Der Hohofen von Ankarsrum verschmelzt Bergerze von 37 Proc. Eisengehalt, welche bei kaltem Winde mit $9^1/_2$ Proc. Kalk, bei heißem nur mit 5 Proc. beschickt wurden. Die Menge des kalten Windes betrug pr. Minute 480 Cub.-F., die des 210° C. heißen dagegen (auf mittlere Temperatur reducirt) 500 Cub.-F. bei respective $1^1/_{12}$ und $1^1/_2$ Z. Quecksilber-Pressung. Im einen Falle war der relative Kohlenverbrauch 2,0 und im anderen 1,2, während sich die tägliche Produktion an grauem Roheisen auf 56 Ctr. und 70 Ctr. belief*).

Rel. Kohlenvrb. = 1,4. (Grau. R.) Windpressung = 1,2″ Windtemperat. = 145°.

Rel. Kohlenvrb. = 1,2. (Grau. R.) Windpressung = 15″. Windtemperat. = 210°.

---

*) 1 Schiffpfd. Schwedisches Victual-Gewicht = 363,68 Pfd. Preuß. —

Rel. Kohlenvrb. = 2,2—1,3. Windpressung = 0,6—1,5. Windtemperat. = 00—2500.

Da die eben angegebenen Betriebs-Verhältnisse zweier Schwedischen Hohöfen sich auf eine ältere, schon seit zwei Decennien verflossene Zeit beziehen, so dürfte es von Interesse sein, denselben einige neuere Daten über Schwedische Hohöfen an die Seite zu stellen, wie diese alljährlich in den bekannten Annalen des Schwedischen Eisen-Comptoirs (Jern-Kontorets Annaler) zur Veröffentlichung gelangen. Die folgenden, tabellarisch zusammengestellten Angaben sind aus dem Jahrgange 1849 dieser interessanten Zeitschrift entnommen *).

---

1 Schiffpfd. Schwedisches Roheisen-Gewicht, Tackjärns-Wigt (= 20 Lispfd. à 20 Marker) = 1,1492 Schiffpfd. Schwed. Vict.-Gew. = 417,94 Pfd. Preuß. = 390,95 Zoll-Pfd. = 195,475 Kilogr. 1 Stig (Last) Kohlen = 12 Tonnen à 6,3 Cub.-F. Schwed. (5¼ Cub.-F. Preuß.) = 63 Cub.-F. Preuß.

*) Utdrag af de Berättelser, som Herrar Tjenstemän å Jernkontorets Stat afgifvit för år 1848. — Berättelse af tjenstförrättande Öfvermasmästaren i Vestra Distriktet Hr. Notarius V. Eggertz. S. 25.

Name des Hüttenwerkes.	Ofen-Dimensionen. Höhen.			Ofen-Dimensionen. Weiten.			Gebläseluft.					Beschickung, Kohlenverbr. und Produktion.			
	Gestell-H.	Kohlensack-H.	Ganze H.	Obere Gestell-W.	Kohlensack-W.	Gicht-W.	Anzahl der Formen.	Flächeninhalt der Düsenöffnung.	Flächeninhalt der Form.	Wind-Pressung	Wind-Temperatur.	Procent-Gehalt der Beschickung.	Kohlenverbr. für 1 Schiffsd. Roheisen	Relativer Kohlen-verbrauch.	Tägliche Produktion.
	Fuß.	Fuß	Fuß.	Fuß.	Fuß.	Fuß	.	□3	□3	3.D.	°C.	.	Tenn.		Zollct.
1) Rissbytta	6,2	10,8	33,5	6,5	8,5	5,0	1	4,91	5,46	0,6	0	50,3	13,24	2,21	62
2) Engelsberg	6,0	11,8	32,5	6,3	7,8	4,7	1	3,41	7,06	1,0	0	37,7	10,45	1,74	63
3) Billsjö	7,0	13,2	29,8	6,8	7,5	4,9	1	2,18	5,55	1,3	0	34,7	11,12	1,85	58
4) Åg	9,0	14,0	36,0	6,0	8,0	5,3	1	3,41	4,12	1,5	0	42,4	10,86	1,81	71
5) Hede	5,0	10,0	32,0	6,0	8,3	4,0	1	4,12	4,91	1,2	100	40,0	10,69	1,78	62
6) Dalfors	5,6	14,0	31,6	5,0	6,8	4,5	1	4,91	3,83	1,3	100	39,8	12,16	2,03	53
7) Riddarhyttan	5,5	14,3	36,0	4,0	8,0	4,5	2	2,46	6,82	0,8	150	35,2	11,80	1,97	60
8) Ickholmen	6,0	12,0	29,2	5,0	7,5	4,7	2	4,36	9,82	1,0	150	36,7	11,65	1,94	62
9) Flatenberg	6,0	11,0	29,5	5,0	7,5	4,8	1	3,41	4,91	1,0	200	39,3	9,52	1,59	67
10) Sunnansjö	9,5	12,0	31,0	5,8	8,0	5,0	1	5,32	6,04	1,0	200	41,8	8,32	1,39	81
11) Strömsdal	6,8	12,1	30,3	7,9	8,6	4,9	1	4,51	4,91	1,0	200	46,2	8,09	1,35	91
12) Björsjö	5,0	10,0	30,8	6,7	8,5	4,5	1	4,12	5,76	0,9	250	49,4	7,71	1,29	90

Zur richtigen Auffassung umstehender Tabelle ist Folgendes zu bemerken. 1) Die Ofen-Dimensionen, die Flächeninhalte der Düsen- und Formöffnungen und die Windpressung sind in Schwedischem Maß*) angegeben. 2) Die Angaben über den Kohlenverbrauch für 1 Schwedisches Schiffpfd. Berggewicht (= 3 Zollcentner) sind in Schwedischen Tonnen gemacht. 3) Der relative Kohlenverbrauch wurde unter der Annahme berechnet, daß 1 Schwedische Tonne Kohlen durchschnittlich ungefähr $\frac{1}{2}$ Zollcentner wiegt. 4) Die tägliche Produktion, welche in dem Schwedischen Originale in Schiffpfunden Berg-Gewicht angegeben ist, wurde zu Zollcentnern berechnet. 5) Bei den mit 2 Formen betriebenen Hohöfen (Riddarhyttan und Ickholmen) bezieht sich der Flächeninhalt der Düsenöffnung auf beide Düsen zusammen. Wenn die Angabe, daß die Summe der Düsenöffnungen bei dem Hohofen von Riddarhyttan nur 2,46 Quadr.-Zoll beträgt, von keinem Irrthum herrührt, so würde dieser Ofen mit einer verhältnißmäßig sehr kleinen Windmenge betrieben. 6) Beim Hohofen von Dalfors scheint die Angabe des Flächeninhaltes der Formöffnung = 3,83 Quadr.-Z., bei einem Flächeninhalte der Düsenöffnung = 4,91, wohl auf einem Druckfehler zu beruhen. 7) In Betreff des Kohlenverbrauchs für 1 Schwedisches Schiffpfd. Roheisen ist ferner zu bemerken, daß sich derselbe bei keinem der angeführten Hüttenwerke ausschließlich bloß auf diejenige Zeit der Ofencampagne bezieht, während welcher der Ofen im vollen Gange war (ein voller Satz geführt wurde), sondern daß hierbei stets auch jener größere Kohlenverbrauch mit eingerechnet ist, wie er während der ersten Wochen des Anlassens (S. 149) stattfindet. Da hierdurch diejenigen Oefen, welche am weitesten in ihrer Campagne fortgeschritten sind, im Vergleich zu den anderen hinsichtlich des Kohlenverbrauchs etwas begünstigt werden, so sind hierbei noch folgende Angaben zu berücksichtigen. Der Ofen (3) stand in Betrieb 80 Tage. Die Oefen (1), (5), (7), (8), (11) und (12) standen in Betrieb 100—150 Tage; die Oefen (2), (4), (6) und (9) 150—200 Tage, und der Ofen (10) 236 Tage. — Wenn uns auch zur genauen Würdigung der Betriebs-Verhältnisse aller dieser Oefen nähere Angaben über die Qualität der verschmolzenen Erze (größtentheils wohl Magneteisensteine) fehlen, so ist die umstehende Tabelle doch ausreichend, um die Verminderung des relativen Kohlenverbrauchs und die Vermehrung der absoluten Produktion durch Anwendung erhitzter Gebläseluft auf sehr evidente Art herauszustellen. Daß man sich in Schweden dieses Mittels nicht in der Ausdehnung und dem Grade bedient, wie in vielen anderen Ländern, hat wohl großentheils darin seinen Grund, daß man den alten guten Ruf des Schwedischen Eisens nicht einem ökonomischen Vortheile zum Opfer bringen will, welcher unter gewissen Umständen nur ein scheinbarer ist, ja selbst zum Nachtheile werden kann.

*) 1 F. Schwedisch = 0,9458 F. Preußisch.

Wenigstens mag dies von denjenigen Hohöfen gelten, deren Roheisen-Produktion größtentheils für den Frischproceß bestimmt ist *).

Die *Norwegischen Holzkohlen-Hohöfen* nähern sich in ihrer Construktion theils den Schwedischen, theils den Deutschen Hohöfen. Ein Beispiel von der inneren Gestalt eines solchen Ofens ist in Fig. 140, a, b gegeben worden. Erze und Brennmaterial sind in Norwegen von ganz ähnlicher Beschaffenheit wie in Schweden. — Der Hohofen zu *Bärum* hatte zu Anfang seiner zweijährigen Schmelzcampagne 1838—1840 eine Schachtform, wie die eben citirte Figur darstellt. Seine Haupt-Dimensionen waren damals folgende. Höhe vom Bodenstein bis zur Gicht = $30\frac{1}{2}$ F.; Höhe des Kohlensacks über dem Bodenstein 12 F. Die Gestellhöhe läßt sich nicht genau angeben, da sich das Gestell nahe oberhalb der Form zu erweitern anfängt, und sich auf der Form- und Windseite allmälig in die Rast verläuft. Aus demselben Grunde läßt sich auch der beträchtliche Rastwinkel nicht näher bestimmen. Durchmesser der Gicht = $4\frac{1}{2}$ F., des Kohlensacks = 8 F. und des Gestelles unmittelbar über der Form = 1 F. 10 Z. Im Jahre 1844, dem letzten einer anderen zweijährigen Schmelzcampagne, auf welche sich die folgenden Angaben beziehen, hatte der Ofen eine etwas andere, jedoch nicht wesentlich von der beschriebenen abweichende Construktion. Die bis auf etwa 200° C. erhitzte Gebläseluft wurde durch eine $2\frac{1}{2}$ Z. im Durchmesser haltende Düse mit $\frac{3}{4}$ Z. Quecksilber-Pressung eingeblasen. Die verwendeten Erze bestanden aus kalkigem und kieseligem Magneteisenstein, welche, gattirt und ohne Zuschlag verschmolzen, zu 40 bis 42 Proc. eines großentheils zu Gußwaaren, theils aber auch zur Stabeisenfabrikation verwendeten grauen Roheisens ausgebracht wurden. Relativer Kohlenverbrauch = 1,36. Tägliche Produktion = 64 Ctr. **). — Der Hohofen zu *Fossum* war im Jahre 1842 von einer Schachtconstruktion, welche sich der vorgedachten näherte. Schachthöhe = 30 F. Größte Schachtweite = 7 F. 8 Z. Düsendurchmesser = $2\frac{1}{4}$ Z. Windpressung = $\frac{5}{6}$—1 Z. Quecksilber. Windtemperatur = 300° C. Die mit Kalkzuschlägen beschickten Erze wurden zu 35—38 Proc. ausgebracht und das dargestellte Roheisen theils zur Gießerei, theils zum Verfrischen verwendet. Relativer Kohlenverbrauch =

Rel. Kohlenvrb = 1,3. Grau. R.) Windpressung = $\frac{3}{4}$''. Windtemperat. = 200°.

Rel. Kohlenvrb. = 1,35. (Grau. R.) Windpressung = 1''. Windtemperat. = 300°.

*) Die Betriebs-Angaben in der genannten Schwedischen Zeitschrift erstrecken sich auf die Hohöfen von mehr als 150 Schwedischen Eisenhüttenwerken.

**) Bei diesen Angaben wurden folgende Daten zu Grunde gelegt. Die ganze Roheisen-Produktion des Jahres 1844 betrug 7212 Schiffpfd. 13 Liespfd. Norweg., wozu 5939 Last Norweg. Kohlen verbraucht wurden. — 1 Last trockene Kohlen (à 12 Tonnen zu $4\frac{1}{2}$ Cub.-F.) wog 1 Schiffpfd. 12 Liespfd. 3 Pfd. bis 1 Schiffpfd. 13 Liespfd. 1 Pfd., durchschnittlich also 1 Schiffpfd. 12 Liespfd. 10 Pfd. — 1 Schiffpfd. = 320 Pfd. = 3,2 Zollctr. —

Rel. Kohlenvrb. = 2,08. (Grau. R.)

1,3—1,4. Tägliche Produktion = 70—74 Ctr. — Im Hohofen zu Hassel verschmelzt man Eisenglanz und Magneteisenstein, deren Gattirung zu 25—26 Proc. ausgebracht wird, wobei man sich nur eines sehr geringen Kalkzuschlages (von ungefähr 3 Proc.) bedient. Das Roheisen wird zu Gußwaaren und zur Darstellung von Stabeisen benutzt. In einer Betriebswoche des Jahres 1838 erzeugte man aus 280 Schiffpfd. 15 Liespfd. Erz eine Quantität von 71 Schiffpfd. 19¾ Liespfd. Roheisen, mit einem Aufgange von 150 Schiffpfd. 3¾ Liespfd. Kohlen. Dies entspricht einem relativen Kohlenverbrauch von 2,08, und einer täglichen Produktion von 33 Ctr. — Die

Rel. Kohlenvrb. = 1,3. (Grau. R.) Windpressung = 1,15″. Windtemperat. = 200°.

beiden Hohöfen zu Näß bei Arendal haben ähnliche Dimensionen, wie der Hohofen zu Bärum. Man bläst mit einer Düse von 2½ Z. Durchmesser, und mit einer Pressung von 1,15 Z. Quecksilber. Temperatur der Gebläseluft = 200° C. Es werden geröstete Arendaler Magneteisensteine größtentheils zu grauem Roheisen verschmolzen. Im Jahre 1848 waren die Betriebs-Verhältnisse folgende. Bei einem Ausbringen der Erze zu ungefähr 45 Proc. waren zu 1 Norweg. Schiffpfd. Roheisen 9—10 Tonnen (Nadelholz-) Kohlen erforderlich. Dies entspricht, unter Zugrundelegung der oben — beim Bärumer Hohofen — angeführten Gewichts-Verhältnisse, einem relativen Kohlenverbrauch von 1,30. Tägliche Produktion = 70 Ctr.

Die Russischen Holzkohlen-Hohöfen*) sind meist von sehr großartigen Dimensionen, und haben, da sie größtentheils reiche Erze verschmelzen, eine so bedeutende tägliche Produktion, wie sie von keinen anderen Holzkohlen-Hohöfen des Continents übertroffen wird. Folgende Beispiele werden die Betriebs-Verhältnisse einiger dieser Oefen vor Augen legen. Auf dem Kaiser-

Rel. Kohlenvrb. = 1,15. Windpressung = 2½″.

lichen Eisenhüttenwerke Goroblagodatsk sind 8 Hohöfen, welche Magneteisensteine vom Berge Blagodat und Brauneisensteine von verschiedenen Gruben verschmelzen. Die in neuerer Zeit hauptsächlich angewendeten Erze sind folgende. 1) Magneteisenstein, erste Sorte (Nro. 2 nach der Bezeichnung); besteht nach der Analyse aus: 86,30 Eisenoxydoxydul, 4,86 Titansäure, 1,44 Manganoxydoxydul, 1,05 Magnesia, 1,44 Kalkerde und 7,55 Kieselerde. 2) Magneteisenstein, zweite Sorte (Nro. 8); bestehend aus: 73,32 Eisenoxydoxydul, 4,26 Manganoxydoxydul, 1,10 Magnesia, 7,27 Kalkerde, 3,94 Thonerde, 8,46 Kieselerde. 3) Magneteisenstein, dritte Sorte (Nro. 9); bestehend aus: 87,54 Eisenoxydoxydul, 4,06 Titansäure, 0,93 Manganoxydoxydul, 0,86 Magnesia, 2,40 Kalkerde, 2,26 Thonerde und 4,54 Kieselerde.

---

*) Die Dimensionen der Russischen Hohöfen sind in Englischem Maaß (welches in Rußland das gebräuchliche ist) angegeben. 1 Fuß Russ. (Engl.) = 0,971 F. Preuß. (Rheinl.). — Was die Gewichte betrifft, so ist 1 Pud = 40 Russische Pfd. à 0,40952 Kilogramm; also 1 Pud = 16,38 Kilogr. = 35 Preuß. Pfd. = 32,8 Zollpfd., folglich nahe = ⅓ Zollctr.

4) Brauneisenstein von der Grube Balakinsk: 52,60 Eisenoxyd, 2,73 Manganoxydoxydul, 0,63 Kalkerde, 2,87 Thonerde und 42,57 Kieselerde. 5) Brauneisenstein von der Grube Kedroska: 67,39 Eisenoxyd, 0,30 Magnesia, 0,30 Kalkerde, 4,17 Thonerde und 27,82 Kieselerde. 6) Brauneisenstein von der Grube Lewinsk: 70,50 Eisenoxyd, 3,00 Thonerde und 27,20 Kieselerde. 7) Brauneisenstein von der Grube Nischneturinsk: 43,00 Eisenoxyd, 0,31 Magnesia, 0,46 Kalkerde, 7,48 Thonerde und 48,15 Kieselerde. Einige dieser Erze werden in Haufen, andere in Schachtöfen (die schwefelhaltigen mit Wasserdampf) geröstet. Ein Hohofen von Goroblagodatsk hat folgende Dimensionen. Ganze Höhe des Ofens = 49 F.; Gestellhöhe = 8 F.; vertikale Rasthöhe = 13 F.; Gichtdurchmesser = 7 F.; Kohlensackdurchmesser = 14 F. Ein solcher Ofen wird mit 2 Formen betrieben, in welchen sich Düsen von 3—3,5 Z. Durchmesser befinden. Die Pressung des (kalten) Windes beträgt 2—3 Z. Quecksilber. Die als Brennmaterial dienenden Kohlen sind aus Kiefer-, Tannen- und Fichtenkohlen gemischt. Ein Korb solcher Kohlen, von 70 Cub.-F. Inhalt, wiegt durchschnittlich 20 Pud, 1 Cub.-F. Preuß. also etwa 11 Preuß. Pfd. Die Beschickung variirt nach den verschiedenen Arten des dargestellten Roheisens. Bei der Darstellung von Roheisen zur Stabeisenfabrikation besteht eine Gicht aus 5—6 Pud Magneteisenstein erster Sorte, 5—4 Pud desgleichen zweiter Sorte, 12—13 Pud desgleichen dritter Sorte, 2—1 Pud Brauneisenstein von Balakinsk und 2—4 Pud Kalkstein. Um Roheisen für den Guß der Munition und anderer Waaren zu erzeugen, setzt man eine Gicht zusammen aus: 6—8 Pud Magneteisenstein erster Sorte, 9—10 Pud desgl. dritter Sorte, 8—6 Pud Brauneisenstein von Balakinsk und 4 Pud Kalkstein. Zur Roheisen-Erzeugung für den Kanonenguß enthält eine Gicht: 12 Pud Magneteisenstein erster Sorte, 8 Pud Brauneisenstein von Balakinsk, 8 Pud desgl. von Nischneturinsk, 4 Pud desgl. von Lewinsk, 4 Pud desgl. von Kedroska und $4\frac{1}{4}$ Pud Kalkstein. Der Kohlensatz bei einer jeden dieser Gichten beträgt 20 Pud. Täglich gehen 50—60 Gichten durch, welche 900—1000 Pud Roheisen liefern. Relativer Kohlenverbrauch = 1,1—1,2. Tägliche Produktion = 300—330 Ctr.

Der Hohofen von Kamensk (Bergdistrikt Katharinenburg) verschmelzt sehr poröse Brauneisensteine und Eisenocker, mit einem durchschnittlichen Eisengehalte von 38 Proc. Beide werden nicht geröstet, sondern nur durch die Gichtflamme getrocknet. Als Brennmaterial wendet man ein Gemenge von $\frac{4}{5}$ Kiefern- und $\frac{1}{5}$ Birkenkohle an. Der Ofen ist 33 F. 10 Z. hoch, seine Gestellhöhe beträgt 7 F. und seine vertikale Rasthöhe 11 F. 8 Z. Gichtweite = 7 F., Kohlensackweite = 11 F. 8 Z., Gestellweite an der Rast = 3 F. 8 Z. und am Bodenstein = 2 F. 4 Z. Er ist mit 2 Düsen, jede von 2,6 Z. Durchmesser versehen. Windpressung = 2—3 Z. Queck-

Rel. Kohlenverb. = 1,37. (Grau. R.) Windpressung = $2\frac{1}{2}$".

silber. Eine Gicht besteht aus 20 Pud Kohle, 30—40 Pud Erz und 3 Pud Kalk (Kalksand). Täglich gehen 40 Gichten durch, welche 500—700 Pud außerordentlich dünnflüssiges Roheisen zum Kanonen- und Munitionsguß liefern. Relativer Kohlenverbrauch = 1,14—1,60. Tägliche Produktion = 165—230 Ctr.

Rel. Kohlenvrb. = 1,8. Windpressung = 2,5″.

Der Hohofen von Slatoust wird mit Brauneisensteinen von ungefähr 50 Proc. Eisengehalt betrieben. Die Erze werden geröstet und mit einem aus $^3/_4$ Birken- und $^1/_4$ Lerchenkohle gemengten Brennmaterial verschmolzen. Der Hohofen ist $46^3/_4$ F. hoch und hat 2 Düsen von 3,5 Durchmesser, welche einen Wind von 2,5 Z. Quecksilber-Pressung ausblasen. Jede Gicht besteht aus 24 Pud Kohlen, 41 Pud Erz und 5 Pud Sand (Quarzsand?). Täglich gehen 53 Gichten durch und erzeugen 650—750 Pud Roheisen, welches theils zum Guß, theils zur Stabeisenfabrikation verwendet wird. Relativer Kohlenverbrauch = 1,7—1,9. Tägliche Produktion = 215—250

Rel. Kohlenvrb. = 1,48. Windpressung = 1,5″.

Ctr — Der Hohofen zu Kasinsk (Bergdistrikt Slatoust) hat eine Höhe von nur 35 F. Es werden geröstete Brauneisensteine und Eisenocker in ihm verschmolzen. Als Brennmaterial dienen Birkenkohlen. Die Düse ist 3,5 Z. weit und liefert Wind von 1,5 Z. Quecksilber-Pressung. Jede Gicht besteht aus 24 Pud Kohle, 36—42 Pud geröstetem Erz und 12 bis 15 Pud Dolomit. Täglich werden 40 Gichten durchgesetzt, welche 650 Pud Roheisen für die Gießerei und Stabeisenfabrikation liefern. Relativer Kohlenverbrauch

Rel. Kohlenvrb. = 1,15. (Weiß. R.) Windpressung = 3,5″.

= 1,48. Tägliche Produktion = 215 Ctr. — Die Hohöfen zu Nischnetagilsk (dem Fürsten Demidoff gehörig), 4 an der Zahl, verschmelzen Magneteisensteine, welche theils in Haufen, theils in Schachtöfen geröstet werden. Das Brennmaterial besteht aus einem Gemenge von $^3/_4$ Fichten- und $^1/_4$ Kiefernkohle. Die Höhe eines Ofens beläuft sich auf $37^1/_2$ F. bei einer Gestellhöhe von 7 F. und einer vertikalen Rasthöhe von 7 F. 7 Z., Gichtweite = 7 F., Kohlensackweite = 11 F., obere Gestellweite = 3,5 F., untere Gestellweite = 2,33 F. Düsendurchmesser = 2,6 Z. Pressung des Windes = 3,5 Z. Quecksilber. In 24 Stunden werden 35 Gichten durchgeschmolzen, jede Gicht bestehend aus 23 Pud Kohle, 30—35 Pud Erz und 2 Pud Kalkstein, und dabei täglich gegen 700 Pud Roheisen producirt, welches größtentheils zur Stabeisenfabrikation verwendet wird. Relativer Kohlenverbrauch = 1,15. Tägliche Produktion = 230 Ctr. — Die 2 Hoh-

Rel. Kohlenvrb. = 1,0. Windpressung = 3″.

öfen zu Alapajewsk sind 49 F. hoch und werden mit Düsen von 4,37 Z. Durchmesser und einem 3 Z. Quecksilber gepreßten Winde betrieben. Eine Gicht besteht aus 26 Pud Birkenkohle, 52 Pud Erz (geröstete Magnet- und Brauneisensteine), 3—7 Pud Eisenfrischschlacken und 5 Pud quarzigem Kalkstein. Mit 45 täglichen Gichten erzeugt man gegen 1200 Pud Roh-

Rel. Kohlenvrb. = 1,2. Windpressung = 3″.

eisen. Relativer Kohlenverbrauch = 1,0. Tägliche Produktion beinahe 400 Ctr. — Der Hohofen zu Poschefsk hat eine Höhe von 56 F. Jede Gicht

besteht aus 36 Pud Kiefernkohle, 59 Pud Brauneisenstein und 12 Pud Kalkstein. Es sind 2 Düsen von 2,6 Z. Durchmesser vorhanden, welche einen Wind von 3 Z. Quecksilber-Pressung ausblasen. Aus 20 täglich durchgesetzten Gichten erfolgen 600 Pud Roheisen. Relativer Kohlenverbrauch = 1,2. Tägliche Produktion = 200 Ctr. —

Beispiele von dem verschiedenen relativen Brennmaterial-Verbrauch bei Kohks-Hohöfen gewähren im Allgemeinen für die Theorie des Eisenhohofen-Processes ein weniger großes Interesse, als Beispiele dieser Art bei Holzkohlen-Hohöfen. Die auf den verschiedenen Hüttenwerken zum Hohofenbetriebe angewendeten Kohks sind oft von so abweichender Beschaffenheit, daß gleichen Gewichtsmengen derselben noch weniger sicher ein gleicher Wärme-Effekt zugeschrieben werden kann, als dies zum Theil schon bei Holzkohlen der Fall. Letztere besitzen keinen erheblich verschiedenen Aschengehalt und man kann daher gut verkohlten Holzkohlen, gleichviel von welchen Holzarten dieselben herrühren, wenigstens einen annähernd absoluten Wärme-Effekt zuschreiben. Der einzige Fehler von Bedeutung, welcher hierbei begangen werden kann, besteht in einem verschiedenen Gehalte an hygroskopischer Feuchtigkeit. Einerseits aber liegt es zu sehr im Interesse der Eisenhüttenwerke, eine möglichst lufttrockene Holzkohle anzuwenden, als daß ein lange fortgesetzter Gebrauch feuchter Kohlen zu befürchten stände, und andererseits wird der durchschnittliche relative Brennmaterial-Verbrauch innerhalb eines Betriebsjahres oder einer mehrjährigen Schmelz-Campagne nicht gerade bedeutend verändert, wenn solche fehlerhafte Kohle während kürzerer Perioden wirklich zur Anwendung gekommen, und dies bei der Durchschnitts-Berechnung nicht in Anschlag gebracht seyn sollte. Der relative Brennmaterial-Aufwand bei verschiedenen Holzkohlen-Oefen gestattet daher nicht selten interessante Vergleiche, aus denen für Theorie und Praxis gleichwichtige Schlüsse gezogen werden können. *Genauigkeit d. Angab. über d. rel. Kohlenverb. und*

Nicht so ist es in Betreff der Kohks-Hohöfen, bei denen sich analoge Vergleiche nur unter Berücksichtigung mancherlei Umstände anstellen lassen, deren Einfluß auf das Resultat meist sehr schwierig veranschlagt werden kann. Eine solche Vergleichung setzt zunächst voraus, daß man die Aschenmengen der betreffenden Kohks genau kennt. Angaben hierüber vermißt man aber nur zu oft, und wo sie vorhanden sind, ist ihre Zuverlässigkeit nicht immer außer Frage gestellt. Letzteres schon aus dem Grunde, weil die Ermittelung des durchschnittlichen Aschengehaltes verschiedener Kohkssorten mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden zu seyn pflegt. Selbst bei Steinkohlen ein und desselben Flötzes kann die procentale Aschenmenge bedeutend differiren; um so mehr muß dies bei den daraus erzeugten Kohks der Fall seyn. Ferner ist hier zu berücksichtigen, daß ein aschenreicher Kohk von 10—12 Proc. Asche und darüber, verglichen mit einem 3—5 Proc. Asche haltenden Kohk, in der That einen noch geringeren Nutz-Effekt im Hohofen leistet, als sich aus *über d. relat. Kohksverb.*

dem Verhältniß dieser Zahlen unmittelbar ergiebt. Ein großer Aschengehalt der Kohks verzögert die Verbrennung derselben schon an und für sich, indem aber die Asche mit anderen Theilen der Beschickung zusammensintert, bildet sie eine mehr oder weniger dichte Umhüllung solcher Kohks, welche ihre vollkommene Verbrennung erschwert, und dieselben um so mehr gegen aschenärmere Kohksorten im Effekte zurückstehen läßt. Außerdem ist die Art der Asche zu berücksichtigen. Schwefelkieshaltige Steinkohlen verlieren durch die Verkohlung nur einen Theil ihres Schwefelgehaltes, und gypshaltige behalten denselben hierbei so gut wie ganz. Dieser Schwefelgehalt der Kohks bewirkt im Hohofen die Erzeugung eines schwefelhaltigen Roheisens, begünstigt dadurch die Schmelzbarkeit der Erze und wirkt, obschon nachtheilig auf die Qualität, doch vermehrend auf die absolute Quantität der Produktion ein. Endlich darf auch der oft verschiedene Grad der Porosität der Kohksorten nicht außer Acht gelassen werden. Dichte Sinterkohks können, alle übrigen Umstände gleichgesetzt, keinen so hohen pyrometrischen Wärme-Effekt haben, als poröse und dabei hinreichend feste Backkohks, in welche die Gebläseluft besser eindringen und innerhalb eines gegebenen Raumes eine größere Menge Kohlenpartikel gleichzeitig verbrennen kann (s. Bd. I. S. 453—455).

Schwierigkeit d. Vergleichung d. rel. Kohlenvrb. mit d. rel. Kohksvrb.

Ist es schon schwierig, den relativen Brennmaterial-Verbrauch verschiedener Kohks-Hohöfen richtig zu beurtheilen, so vermehren sich die Schwierigkeiten noch beträchtlich, wenn es sich darum handelt, dies vergleichsweise zwischen Kohks- und Holzkohlen-Hohöfen zu thun. Hier kommt hauptsächlich noch in Betracht, daß bei nicht wenigen Kohks-Hohöfen ganz andere Betriebs-Principien verfolgt werden, als dies in der Regel bei Holzkohlen-Hohöfen der Fall ist. Bei ersteren ist die Größe der absoluten Produktion (der innerhalb einer gewissen Zeit dargestellten Menge des Roheisens) oft das vornehmste Ziel, welches man, sogar mit Vernachlässigung der Qualität des erzeugten Roheisens, zu erreichen strebt. Es geschieht dies zum Theil aus dem Grunde, weil man mit unreinen Kohks selbst bei gemäßigterem Betriebe kein zum Verfrischen besonderes geeignetes Roheisen erhalten würde und sich deshalb durch eine möglichst große Produktion von Gußroheisen schadlos zu halten sucht. Schon die Construktion dieser meist mit sehr steiler Rast versehenen Kohks-Hohöfen ist auf einen lebhaften Schmelzgang berechnet, welcher durch ein beträchtliches Quantum erhitzter und stark gepreßter Gebläseluft bis zu einem außerordentlichen Grade gesteigert wird. Bei Holzkohlen-Hohöfen läßt sich eine so extreme Steigerung der Produktion in der Regel nicht erreichen; und zugleich pflegt es hier das Interesse zu gebieten, lieber weniger und gutes, als viel und mittelmäßiges Eisen zu produciren.

Diese Bemerkungen mußten vorausgeschickt werden, um die folgenden, sich auf Kohks-Hohöfen beziehenden Angaben sowohl unter sich, als auch

in Bezug auf die Holzkohlen-Hohöfen im rechten Lichte erscheinen zu lassen.

Die Belgischen Kohks-Hohöfen*). Die in diesen Oefen verschmolzenen Erze bestehen größtentheils in derben, zum geringen Theil in milden Brauneisensteinen; sehr selten wendet man Rotheisensteine an, weil das daraus erzeugte Roheisen beim Verfrischen ein etwas kaltbrüchiges Stabeisen zu geben pflegt. Um die Erze von mechanisch anhängenden lettigen Theilen zu säubern, welche in mehrfacher Hinsicht ungünstig auf den Schmelzproceß einwirken würden, unterwirft man dieselben einer Wäsche. Die gewaschenen Erze halten 35—40 Proc. Eisen, oder werden wenigstens zu einem solchen Gehalte ausgebracht. Man beschickt sie gewöhnlich mit 35—40 Proc., zuweilen sogar mit einer noch beträchtlicheren Quantität eines Uebergangskalksteins von ausgezeichneter Reinheit. Die zum Verschmelzen dienenden Kohks werden aus backenden Steinkohlen von vorzüglicher Güte dargestellt. Sie sind aschenarm, fest und dabei porös, besitzen also alle Eigenschaften, welche Kohks empfehlenswerth zum Hohofen-Processe machen können. 1 Cub.-F. Preuß. derselben wiegt $26\frac{1}{2}$ Pfd. Die Hohöfen haben eine Schachtgestalt, welche der in Fig. 138 abgebildeten nahe kommt. Sie sind zwischen 48—50 F. Engl. ($46\frac{2}{3}$—$48\frac{1}{2}$ F. Preuß.) hoch, mit Ausnahme eines Ofens von Grivegné und eines von Couillet, von denen der erstere 60 F. Engl. ($58\frac{1}{4}$ F. Preuß.) und der andere 45 F. Engl. ($43\frac{2}{3}$ F. Preuß.) Höhe besitzt. In letzterem werden Kohks angewendet, welche sich durch ihre leichte Verbrennlichkeit (große Porosität) auszeichnen. Kohlensack und Gicht verhalten sich, ihrem Flächeninhalte nach, bei allen diesen Oefen wie 1 zu 0,25 bis 0,286, bei jenem ausnahmsweise hohen Ofen von Grivegné wie 1 zu 0,22. Als Beispiel von dem räumlichen Inhalte dieser Oefen kann es dienen, daß einer der größeren derselben (zu Seleſſin) 3688 Cub.-F. Capacität besitzt. — Ueber die Windmengen, welche die Belgischen Kohks-Hohöfen in der Minute erhalten, giebt Eck Folgendes an.

Rel. Kohlsverb. b. weiß. Roheis. = 1,50—1,65, b. grau. Roheis. = 2,00—2,40. Windpressung = 5,5''—7'' — 8,5''. Windtemperat. = 90°.

Ein Ofen zu Seleſſin	erhält	in	der	Minute	3530	Cub.-F.	Wind.
» » » Espérance	»	»	»	»	2881	»	»
» » » Seraing	»	»	»	»	2730	»	»
» » » Grivegné	»	»	»	»	3796	»	»
» » » Couillet	»	»	»	»	3058	»	»
» » » Châtelineau	»	»	»	»	3636	»	»

*) Diese Angaben sind aus Eck's vortrefflichem Aufsatze: Ueber den Betrieb der Kohks-Hohöfen in Belgien mit besonderer Beziehung auf die Königshütte in Oberschlesien. (Karst. Arch. Bd. 23. S. 661. Berg- und Hüttenm. Ztg. Bd. 9. S. 532) entnommen.

Diese Windmengen, welche auf 28 Z. Paris. Bar. und 0° Therm. reducirt sind, wurden bei den ersten vier der genannten Oefen aus dem Gange der Gebläsemaschine (Hubhöhe, Kolbenfläche und durchschnittliche Anzahl der Kolbenspiele in der Minute) berechnet; bei den zwei letzten derselben dagegen aus dem Manometerstande und dem Düsen-Querschnitte *). Sämmtliche Oefen, mit Ausnahme des von Grivegné, sind mit 2 Düsen versehen. Der

*) Die bei dieser zweiten Berechnungsart zu Grunde gelegte Formel (Karsten's Eisenhüttenk. 3te Aufl., Bd. 2, S. 594) entbehrt des Correktions-Coëfficienten für die Ausströmung der Luft aus konischen Oeffnungen und besitzt noch einen anderen Fehler. Zur Berichtigung müssen die Windmengen 3058 Cub.-F. (Couillet) und 3636 Cub.-F. (Châtelineau) mit 0,92 $(1 - 0,084 \sqrt{M})$ 1,116 $= 1,027 (1 - 0,084 \sqrt{M})$ multiplicirt werden. M = dem Manometerstande in Zollen Queckſ. Man erhält alsdann nur 2407 Cub.-F. und 2862 Cub.-F., also respective 651 Cub.-F. und 774 Cub.-F. weniger. Ferner hat es den Anschein, als seyen auch die aus dem Gange der Gebläsemaschine berechneten Windmengen für die Oefen von Seclessin, Espérance, Seraing und Grivegné zu hoch ausgefallen, obwohl dabei ein Windverlust von 15 Proc. für schädlichen Raum u. s. w. in Abzug gebracht worden ist, während man in Belgien gewöhnlich nur 12½ Proc. dafür in Anschlag bringt. Der Ofen von Espérance hat 2 Düsen von 2½ Z. Engl. Durchmesser, welche in gewissen Fällen mit 2 Düsen von 2¾ Z. Engl. Durchmesser vertauscht werden. Der Manometerstand beträgt etwa 8½ Z. Queckſ. (4¼ Pfd. auf ein Q.-Z.). Beim Ofen von Seraing bedient man sich zweier Düsen von 2½ Z. Engl. oder 3 Z. Engl. Durchmesser und einer Windpressung von 7 — 7½ Z. Queckſ. (3½ — 3¾ Pfd. auf 1 Q.-Z.). Aus diesen Daten ergeben sich, unter Anwendung der im 1sten Bande, S. 465, angegebenen Formel (18) folgende Windmengen in der Minute:

Ofen von Espérance.

Bei 2 Düsen von 2½ Z. Engl. Durchmesser	2072 Cub.-F.
» 2 » » 2¾ » » »	2507 »
Aus dem Gange der Gebläse-Maschine berechnet	2881 »

Ofen von Seraing.

Bei 2 Düsen von 2½ Z. Engl. Durchmesser	1967 »
» 2 » » 3 » » »	2832 »
Aus dem Gange der Gebläse-Maschine berechnet	2730 »

Beim Ofen von Seraing wurde das Maximum der Windpressung, 7½ Z. Queckſ., in Rechnung gebracht. Für beide Oefen ergaben sich also die nach der Formel (18) berechneten mittleren Windmengen beträchtlich niedriger, als die aus dem Gange der Gebläse-Maschine abgeleiteten. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat dies seinen Grund in der sehr hohen Pressung der Gebläseluft, für welche einerseits der Correktions-Coëfficient 0,92 $(1 - 0,084 \sqrt{M})$ nicht mehr richtig, andererseits aber selbst ein Windverlust von 15 Proc. kaum ausreichend seyn dürfte. Daß jener Coëfficient für hohe Windpressungen erheblich verändert werden muß, ergiebt sich auch aus einigen neuerlich über diesen Gegenstand angestellten Versuchen, deren Resultate vielleicht bald veröffentlicht werden dürften.

Ofen von Grivegné hat 4 Düsen, von denen 2 in der Rückwand und je eine in jeder der beiden Seitenwände angebracht sind. Erstere haben 1½, letztere 2½ Z. Engl. Durchmesser. Die Windpressungen betragen beim Ofen von Sclessin 5½ Z. Queckſ., bei den Oefen von Seraing, Grivegné, Couillet und Châtelineau 7 — 7¾ Z. Queckſ. und beim Ofen von Espérance 8½ Z. Queckſ. Früher bediente man sich einer stark erhitzten Gebläseluft, deren Temperatur mitunter 300° C. erreichte. Da aber die Erfahrung herausstellte, daß dies von nachtheiligem Einfluß auf die Güte des Roheisens war, so ging man allmälig in der Erhitzung des Windes zurück, und wendet jetzt fast allgemein nur eine sehr schwach, höchstens auf 75° — 100° C. erhitzte Gebläseluft an. Das producirte Roheisen besteht größtentheils in weißem Frischroheisen, fonte d'affinage, zum weit geringeren Theile in grauweißem und grauem Gußroheisen, fonte de moulage, und nur selten wird halbirtes Roheisen, fonte truitée, erzeugt. Der durchschnittliche relative Kohksverbrauch beträgt

bei fonte d'affinage . . . . 1,50 — 1,65,
bei fonte de moulage . . . 2,00 — 2,40.

Die durchschnittliche tägliche Produktion läßt sich bei fonte d'affinage zu 320 Ctr. und bei fonte de moulage zu 215 Ctr. veranschlagen.

Die Kohks-Hohöfen zu Königshütte in Oberschlesien. Die in den Oberschlesischen Hohöfen verschmolzenen Erze bestehen, wie die Belgischen, in derben und milden (mulmigen) Brauneisensteinen, doch mit dem wesentlichen Unterschiede, daß letztere bei weitem die vorherrschenden sind. Der mittlere Eisengehalt ihrer Gattirung beläuft sich gewöhnlich auf 32 — 33 Proc., höchstens auf 35 Proc. Eine Reinigung und zugleich Anreicherung der Erze durch Waschen, wie es in Belgien gebräuchlich ist, läßt die mulmige Beschaffenheit derselben nicht zu. Die Oberschlesischen Kohks sind von sehr verschiedener Art, aber — etwa die von Zabrze ausgenommen — durchgängig von bedeutend geringerer Güte als die Belgischen. Die auf der Königshütte angewendeten Kohks, aus Sand- und Sinterkohlen dargestellt, sind sehr dicht und aschenhaltig, so daß das durchschnittliche Gewicht eines Cubikfußes derselben 33¾ — 34⅓ Pfd. erreicht. Kalkzuschläge werden in Belgien im Allgemeinen in größerer Quantität als in Oberschlesien angewendet. Während dieselben bei einigen Belgischen Hohöfen (Ougrée, Espérance, Sclessin, Couillet, Châtelineau) auf 100 Pfd. ausgebrachtes Roheisen 95 — 140 Pfd. (Seraing 170 Pfd.) betragen, sind sie auf der Königshütte = 78 — 100 Pfd. Einer der 4 Hohöfen dieses Hüttenwerkes hat einen räumlichen Inhalt von 1950 Cub.-F. und erhält in der Minute 2250 Cub.-F. Wind (aus dem Gange der Gebläsemaschine berechnet). Pressung des Windes = 6½ Z. Queckſ. Man bläst, wie in Belgien, theils kalt, theils mit einer Gebläseluft von 75° — 100° C. Die Kohlensackfläche jenes Ofens ist = 95 Quad.-F. (bei den Belgischen Oefen = 135 — 226 Quad.-F.). Der Flächeninhalt

Rel. Kohksvrb. = 2,45—2,84. (Graues R.) Windpressung = 6,5″. Windtemperat. = 90°.

der Gicht beträgt 0,18 von dem des Kohlensackes, ist also verhältnißmäßig bedeutend kleiner als bei den Belgischen Hohöfen, was durch die mulmige Beschaffenheit der Erze bedingt wird (S. 81). Der relative Kohksverbrauch beläuft sich bei der Darstellung von grauem Roheisen auf 2,45. Tägliche Produktion = 85 Ctr.

Vergleichung der Belgischen Hohöfen mit den Hohöfen zu Königshütte.

Um eine Vergleichung der Betriebs-Resultate auf Königshütte mit denen in Belgien noch übersichtlicher zu machen, dazu dient folgende Zusammenstellung, welche die wichtigsten Punkte enthält, die auf relativen Brennmaterial-Verbrauch und absolute Roheisen-Produktion von Einfluß sind.

	Königshütte.	Belgien.
1) Beschaffenheit der Erze . . .	mulmig	fest
2) Eisengehalt der Erzgattirung .	34,7 Proc.	38 Proc.
3) Menge des Kalkstein-Zuschlags .	35 Proc.	40 Proc.
4) Beschaffenheit des Kalksteins .	?	sehr rein
5) 1 Cub.-F. Kohks wiegt . . .	34 Pfd.	26½ Pfd.
6) Aschengehalt der Kohks . . .	beträchtlich	gering
7) Schwefelgehalt der Kohks . .	?	?
8) Ganze Höhe des Ofenschachtes .	40 F.	47—48 F.
9) Rastwinkel	65°—66°	65°—68°
10) Ofen-Capacität	1950 Cub.-F.	3690 Cub.-F.*)
11) Kohlensackfläche	95 Quad.-F.	161 Quad.-F.
12) Verhältniß der Gichtfläche zur Kohlensackfläche (= 1) . . .	0,18	0,26
13) Windmenge in der Minute . .	2250 Cub.-F.	3530 Cub.-F.
14) Windpressung	6½ Z. Queckſ.	5½-8½ Z. Queckſ.
15) Windtemperatur	ungefähr gleich	
16) Rast-Capacität**)	13½	20
17) Relativ. Kohks-Verbrauch	2,45***)	2,20
18) Tägliche Produktion . .	85 Ctr.	215 Ctr.

Ursachen des größeren relat. Kohksverbr. zu Königshütte.

Als Ursachen des größeren relativen Kohksverbrauchs bei dem Hohofen zu Königshütte im Vergleich mit den Belgischen Hohöfen stellen sich hiernach zunächst folgende Umstände heraus.

Sub 1) die mulmige Beschaffenheit der auf Königshütte angewendeten

---

*) Die Angaben 10—13 bei den Belgischen Hohöfen beziehen sich speciell auf einen der Hohöfen von Seleſſin, deſſen Dimenſionen als die in Belgien gebräuchlichsten angesehen werden können.

**) Man sehe hierüber S. 93 bis S. 95.

***) Bei zwei anderen Königshütter Hohöfen giebt Förster (Wachler, die Eisenerzeugung Oberschlesiens, Heft 6, S. 89) den relativen Kohksverbrauch zu 2,58 und 2,84 an.

Erze. Von welchem wesentlichen Einflusse der Aggregat-Zustand und die Festigkeit der Erze auf den Hohofenproceß sind, wurde schon mehrfach — namentlich S. 16, S. 45 und S. 99 — auseinandergesetzt.

Sub 2) der über 3 Proc. geringere Eisengehalt der Erzgattirung (S. 98).

Sub 5) und 6) der größere Aschengehalt und die vielleicht zu große Dichtigkeit (zu geringe Porosität) der Kohks, wodurch dieselben zu schwer verbrennlich werden (S. 38 und S. 121—122).

Wie der auf Königshütte angewendete geringere Kalkzuschlag in der gedachten Beziehung wirkt, ist nicht gut zu entscheiden. Einerseits erhält der Ofen dadurch eine verhältnißmäßig geringere Menge von zu verarbeitender Schmelzmasse, was auf Brennmaterial-Ersparung hinwirkt, andererseits aber nähert sich die Schlacke dadurch weniger einem Singulo-Silicate, als bei den Belgischen Hohöfen, deren Schlacken alle mehr oder weniger als Singulo-Silicate zu betrachten seyn dürften. Das Singulo-Silicat der Kalkerde ist aber leichter schmelzbar, als das Bi-Silicat derselben; und folglich wäre es möglich, daß die Belgischen Schlacken etwas leichtflüssiger ausfielen, als die zu Königshütte.

Was die beträchtlich geringere Rast-Capacität des Königshütter Hohofens betrifft, so will es scheinen, als sey dieselbe dem relativen Brennmaterial-Verbrauch und der absoluten Produktion nicht zum Vortheil. Man sehe hierüber S. 93—95. Jedoch läßt sich dies nicht eher genauer beurtheilen, als bis man die Geschwindigkeiten kennt, mit welchen sich die Schmelzsäule im Königshütter Ofen und in den Belgischen Oefen niederwärts bewegt; denn von dieser Geschwindigkeit ist es abhängig, wie lange sich die Beschickung in den respectiven Rasträumen aufhält. Auf folgende Weise läßt sich das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten annähernd berechnen *).

Die Zeiten z und z_1, welche das Erz in zwei verschiedenen Hohöfen dazu braucht, um von der Gicht bis in's Gestell zu gelangen, verhalten sich

wie die cubischen Inhalte i und i_1 dieser Oefen, und

umgekehrt wie die während gleicher Zeiträume consumirten Volume des Brennmaterials und der Beschickung v und v_1.

Es findet daher die Proportion statt:

$$z : z_1 = \frac{i}{v} : \frac{i_1}{v_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Jene während gleicher Zeiträume consumirten Volume v und v_1 verhalten sich aber

*) Eine solche Berechnung würde sehr einfach und direkt anzustellen seyn, wenn uns genau bekannt wäre, wie viel Beschickungssätze (Gichten) jeder der beiden Hohöfen zu seiner vollständigen Füllung braucht, und wie viel solcher Gichten in einer gegebenen Zeit, z. B in 24 Stunden, durchgesetzt werden.

wie die absoluten Produktionen p und p_1 beider Oefen, und umgekehrt wie die in 1 Cub.-F. der gesammten Massen der Beschickung und des Brennmaterials enthaltenen Gewichtsmengen Eisen e und e_1,

was sich ausdrücken läßt durch die Proportion

$$v : v_1 = \frac{p}{e} : \frac{p_1}{e_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Aus diesen Proportionen (1) und (2) erhält man die Gleichung

$$\frac{z}{z_1} : \frac{i\,p_1\,e}{i_1\,p\,e_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (A).$$

Die numerischen Werthe der in dieser Formel enthaltenen Größen sind

beim Hohofen zu Königshütte	bei den Belgischen Hohöfen (Seleffin)
$i = 1950$	$i_1 = 3690$
$p = 85$	$p_1 = 215$
$e = 3{,}98$	$e_1 = 3{,}86$ *).

Setzt man diese Werthe in die Formel (A), so ergiebt sich

$$\frac{z}{z_1} = 1{,}38.$$

Das Erz im Königshütter Ofen braucht also ungefähr 1,38 mal so viel Zeit, um von der Gicht bis in's Gestell zu gelangen, als das in den Belgischen Oefen. Die mittleren Geschwindigkeiten G und G_1, mit denen sich das Erz in beiden Oefen niederwärts bewegt, verhalten sich daher wie

$$G : G_1 = \frac{1950}{1{,}38} : 3690,$$

woraus man finde:

$$\frac{G}{G_1} = 0{,}383,$$

d. h. das Erz im Königshütter Hohofen bewegt sich nur mit 0,383 der mittleren Geschwindigkeit niederwärts, welche das Erz in den Belgischen Hohöfen besitzt. Da sich nun die cubischen Inhalte der respectiven Rasten wie 547 : 1200 (Seleffin) verhalten (S. 94), so ergeben sich die Zeiten A und A_1, während welcher sich das Erz in den Rasten aufhält, durch die Proportion:

*) Die mittleren Eisengehalte e und e_1 eines Cubikfußes der gesammten Massen der Beschickung und des Brennmaterials sind unter der Annahme berechnet, daß 1 Cub.-F. der betreffenden Beschickungen durchschnittlich 90 Pfd. wiegt. Alsdann ergiebt sich, mit Zuziehung anderer Daten, annähernd:

$$e = \frac{90 \cdot 0{,}347}{1{,}35 + \frac{2{,}45 \cdot 90}{34}} = 3{,}98 \qquad e_1 = \frac{90 \cdot 0{,}38}{1{,}40 + \frac{2{,}20 \cdot 90}{26{,}5}} = 3{,}86.$$

$$A : A_1 = \frac{547}{0,383} : 1200$$

und folglich

$$\frac{A}{A_1} = 1,19,$$

d. h. das Erz im Königshütter Hohofen befindet sich 1,19 mal so lange im Rastraume, als das im Belgischen. Allein es fragt sich, ob dieser längere Aufenthalt, in Betracht der stattfindenden Umstände, als hinreichend zu erachten sey. Obwohl die Theorie hierüber nicht mit Sicherheit zu entscheiden vermag, dürfte doch die Verneinung dieser Frage wahrscheinlicher seyn, als ihre Bejahung. Das große Hinderniß, welches eine dicht liegende Beschickung (von überdies vielleicht unreineren Erzen) der reducirenden und kohlenden Wirkung der Ofengase auf das Erz entgegengestellt, wird im vorliegenden Falle noch durch die Schwerverbrennlichkeit der Königshütter Kohks vermehrt. Letztere hat zur Folge, daß die in der Kohlungszone aus dem Kohlenoxydgas entstandene Kohlensäure schwieriger wieder zu Kohlenoxyd umgewandelt wird, als dies bei den porösen und leichter verbrennlichen Belgischen Kohks geschieht. Die geringere Angreifbarkeit der Königshütter Kohks wird überdies noch durch ihren beträchtlicheren Aschengehalt erhöht. Also wird die Beschickung im Königshütter Ofen nicht bloß weniger gut von den Ofengasen durchströmt, sondern diese enthalten auch, namentlich in den oberen Ofentheilen, verhältnißmäßig weniger Kohlenoxydgas. Somit ist es sehr wahrscheinlich, daß die Beschickung im ersteren Ofen, trotz ihrem etwas längeren Aufenthalte im Rastraume, dennoch weniger gut vorbereitet in den Schmelzraum gelangt, als in letzterem; und solchenfalls hat der Königshütter Ofen ein weniger gekohltes und daher strengflüssigeres Eisen zu verschmelzen, als der Belgische.

Es bleibt jetzt noch zu untersuchen übrig, welche Schmelzkraft, so zu sagen, der Ofen zu Königshütte dieser ihm zugemutheten größeren Schmelzarbeit entgegenzustellen vermag. Die Gestellräume des Königshütter und des Belgischen Selessiner Ofens verhalten sich wie 46 : 65 (S. 94).

Die pro Minute eingeblasenen Windmengen dieser Oefen sind 2250 Cub.-F. und 3530 Cub.-F.; also verhalten sich die Windquantitäten, welche ein bestimmter Raum des Gestelles pro Minute in beiden Oefen erhält, wie $\frac{2250}{46} : \frac{3530}{65} = 49,0 : 54,3$. Doch ist zu berücksichtigen, daß der Ofen zu Königshütte eine $6^1/_2$ Z., der zu Selessin nur eine $5^1/_2$ Z. (andere Belgische Kohkshohöfen dagegen $7 - 8^1/_2$ Z.) gepreßte Gebläseluft erhält. Schlagen wir diese Verhältnisse so an, daß die Wind-Capacitäten beider Oefen, in Betreff des im Gestell (in der Schmelzzone) hervorgebrachten Effektes etwa gleich seyen, so bleibt doch noch zu erwägen, daß die schwerer ver-

brennlichen und aschenreicheren Königshütter Kohks eigentlich wohl eine größere Wind-Capacität erfordern, um einen eben so hohen Hitzgrad zu entwickeln als die Belgischen. Herrscht nun aber im Gestellraum des Königshütter Ofens ein geringerer Hitzgrad als in dem des Belgischen, und langt das Eisen im ersteren überdies noch in einem weniger leicht schmelzbaren Zustande an, so ist klar, daß dies den Schmelzgang verhältnißmäßig verzögern muß.

In Folge dieser Betrachtungen ergiebt es sich als wahrscheinlich, daß die Rast-Capacität des Königshütter Ofens im Vergleich mit der der Belgischen Oefen zu klein, d. h. der räumliche Inhalt des Gestelles bei ersterem Ofen zu groß sey *).

Rel. Kohlsvrb. = 2,54—2,96. (Graues R.) Windpressung = $^{28}/_{4}$". Windtemperat. = 300°.

Die Kohks-Hohöfen zu Neunkirchen in Rhein-Preußen **) geben ein interessantes Beispiel von dem Einflusse, welchen eine verschiedene Ofen-Construktion auf den relativen Brennmaterial-Verbrauch ausübt. Es befinden sich hier zwei, in ihren Dimensionen folgendermaßen von einander abweichende Hohöfen.

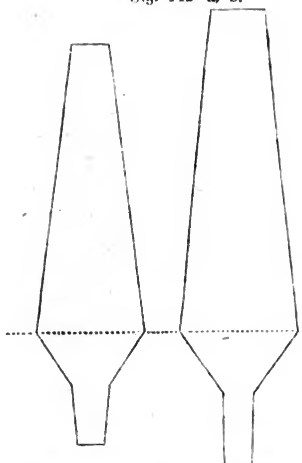
	Nro. 1.		Nro. 2.	
Durchmesser der Gicht	3	Fuß.	4	Fuß.
» des Kohlensackes	8	»	9	»
» des Gestells, oben	3	»	2,5	»
» des Gestells, unten	2,17	»	2,17	»
Höhe des Gestells	4,5	»	5,5	»
» der Rast	4	»	4,5	»
» des ganzen Ofenschachtes	30	»	34	»
Flächeninhalt des oberen Gestell-Querschnittes	7,1	Q.-F.	4,9	Q.-F.
» der Gicht	7	»	12,5	»
» des Kohlensackes	50,2	»	63,5	»

*) Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die hier zwischen den Belgischen Hohöfen und dem Königshütter Hohofen angestellten Vergleiche keinen anderen Zweck haben sollen, als Beispiele von Betrachtungen zu geben, wie sie der rationelle Eisenhüttenmann anzustellen hat, um dem seiner Leitung anvertrauten Hohofenbetriebe die möglichste Vollkommenheit zu geben. Keineswegs aber können dieselben dazu dienen, den Betrieb des Königshütter Hohofens — welcher bekanntlich von einem der ausgezeichnetsten Deutschen Eisenhüttenleute vorgestanden wird — in das rechte Licht gegen den der Belgischen Hohöfen zu setzen. Hierzu würden die zu Grunde gelegten Daten nicht ausreichend seyn. — Ein Umstand, welcher unter den ungünstigen Verhältnissen der Königshütter Hohöfen im Vergleich zu den Belgischen gewiß auch eine Rolle spielt, ist der sehr geringe Alkaligehalt der Königshütter Beschickung und Kohks (S. 8). Von der Größe dieses Alkaligehaltes hängt die Menge des gebildeten Cyans ab; letztere aber begünstigt mehr oder weniger die Kohlung des Eisens und trägt mithin zu einer verhältnißmäßigen Förderung des ganzen Schmelzganges bei.

**) Förster in Wachler's Eisen-Erzeugung Oberschlesiens, Heft 6, S. 86.

Diese Dimensionen entsprechen ungefähr den in Fig. 142, a, b dargestellten senkrechten Durchschnitten beider Ofenschächte.

Fig. 142 a, b.



Jeder dieser Hohöfen ist mit 2 Düsen von $3^3/_4$ Z. Durchmesser versehen, durch welche derselbe Wind von $2^3/_4$ Z. Quecks. Pressung und 300° C. Temperatur zugeführt erhält. In beiden Oefen werden gleiche Beschickungen mit demselben Brennmaterial verschmolzen. 1 Cub.-F. der angewendeten Kohks wiegt 25 Pfd., was dem Gewichte der Belgischen Kohks sehr nahe kommt. Die Erzgattirung (Sphärosiderit und Thoneisenstein), welche zu 32 Proc. grauem Roheisen ausgebracht wird, beschickt man mit 23—24 Proc. Kalkstein. Relativer Kohksverbrauch im Ofen Nro. 1 = 2,96 und im Ofen Nro. 2 = 2,54.

Der Kohks-Hohofen auf der Königin-Marien-Hütte bei Zwickau hat folgende Dimensionen in Englischem Maße (1 F. Engl. = 0,971 F. Rheinl.): Rel. Kohksvrb. = 1,73. (Weißes R.) Windpressung = 1½''.

Höhe des ganzen Ofenschachtes	43 F.	— Z.	
» des Gestells	6 »	4 »	43 F.
» der Rast	7 »	5 »	
» des oberen Schachtes (oberhalb der Rast)	29 »	3 »	
Durchmesser der Gicht	5 »	— »	
» des Kohlensackes	10 »	8 »	
» des Gestells, oben	3 »	4 »	
» des Gestells, unten	2 »	— »	
Rastwinkel	63°		

Der cubische Inhalt des ganzen Ofenschachtes ohne Heerdraum beträgt 1752 Cub.-F., und zwar kommen davon

auf den oberen Schachtraum	1405 Cub.-F.
» » Rastraum	311 »
» » Gestellraum	36 »
	1752 Cub.-F.

Die durchschnittliche Windmenge (von gewöhnlicher Temperatur und bei mittlerem Barometerstande), welche der Ofen in der Minute erhält, beläuft

sich auf ungefähr 2000 Cub.-F. Engl., wie sich dies aus dem Manometerstande = $1\frac{1}{2}$ Z. Queckſ. und dem Düsendurchmesser = $3\frac{1}{2}$ Z. (2 Düsen) ergiebt. Die verschmolzene Gattirung besteht in der Regel aus 20 Proc. Sphärosiderit, 65 Proc. Rotheisenstein und 15 Proc. Brauneisenstein, welche Erze bis vor Kurzem ungeröstet angewendet wurden. Erst in neuester Zeit hat man angefangen, den Sphärosiderit und den Brauneisenstein zu rösten. Die gesammte Gattirung — deren Größe des Korns etwa zwischen Linsen- und Hühnerei-Größe variirt — wird durchschnittlich zu 32,7 Proc. größtentheils weißem und grauweißem Roheisen ausgebracht, welches für den Puddelofen-Betrieb bestimmt ist. Als Zuschlag werden 46 Proc. Kalkstein angewendet. Das zur Verschmelzung dienende Brennmaterial besteht in Backkohks. Dieselben sind trotz ihrer Porosität hinreichend fest, und enthalten noch nicht ganz 4 Proc. Asche. 1 Cub.-F. Rheinl. solcher Kohks wiegt 19 Pfd. Der relative Kohksverbrauch stellt sich = 1,73 heraus. Tägliche Produktion = 113 Ctr.

Rel. Kohksverb. = 2,4. (Graues R.) Windpressung = 4,6″ – 5,7″–7,6″.

Die Kohks-Hohöfen zu Maubeuge im Französischen Norddepartement *). Der musterhaft ausgeführte Bau der hier befindlichen zwei Hohöfen wurde in den Jahren 1840 u. f. von den Bergwerks-Ingenieuren Drouot und Boudousquié geleitet. Beide Oefen haben gleiche Construktion.

Höhe des ganzen Ofenschachtes .	14 Met.	=	44,6 F.		
» des Gestells	2,1 »	=	6,7 »	}	44,6 F.
» der Rast	3,5 »	=	11,15 »	}	
» des Kohlensackes . . .	1,0 »	=	3,15 »	}	
» des oberen Schachtes . .	7,4 »	=	23,6 »	}	
Durchmesser der Gicht . . .	2,0 »	=	6,4 »		
» des Kohlensackes .	4,1 »	=	13,1 »		
» des Gestells, oben .	1,0 »	=	3,2 »		
Querschnittfläche des Kohlensackes	13,2 Q.-M.	=	133 Q.-F.		
Cubischer Inhalt des ganzen Ofens (incl. Vorheerd) . .	120 Cub.-M.	=	3882 Cub.-F.		

Die mittelst eines Cylindergebläses durch drei Düsen in den Ofen geblasene Windmenge beträgt, aus dem Gange jenes Gebläses berechnet, 68,72 Cub.-M. = 2223 Cub.-F. in der Minute. Nach Abzug von 10—12 Proc. Windverlust läßt sich dieselbe auf ungefähr 2000 Cub.-F. veranschlagen **). Pressung des Windes = 4,6—5,7 Z. Queckſ.; mitunter

*) Nach Drouot's Beschreibung in Ann. d. mines, 4 sér. T. IV, pag. 283, sowie Hartmann's Fortschritte der Eisenhüttenkunde, S. 517.

**) Diese Windmenge bezieht sich auf einen Gang der Maschine, bei welchem der Gebläsekolben 8 Spiele in der Minute macht. Doch vermag man es bis zu

bis zu 7,6 Z. Quecks. gesteigert. Man bedient sich stets einer kalten Gebläseluft. Die zur Verschmelzung angewendeten Kohks enthalten 16 Proc. thonkieselige Asche. Zu 1000 Kilogr. grauem Roheisen verbraucht man 3510 Kilogr. Erz, 1804 Kilogr. Zuschlag (Kalkstein) und 2400 Kilogr. Kohks. Hiernach wird also das Erz zu 28,5 Proc. ausgebracht, und es ist der relative Kohksverbrauch = 2,4. Tägliche Produktion durchschnittlich etwa = 230 Ctr.

Rel. Kohlsverb. = 1,75—2,1. Windpressung = 3″ — 5″ — 6″.

Die Englischen Kohks-Hohöfen in der Provinz Wales *), über 200 an der Zahl, haben in ihren Betriebs-Verhältnissen Vieles mit einander gemein. Die gewöhnlichen Dimensionen der Ofenschächte liegen zwischen folgenden Grenzen. (Alle Angaben in Englischem Maß.)

Höhe des ganzen Schachtes . .	40 — 50 F.
» der Rast	7 — 8 »
» des Gestells	5 — 7 »
Durchmesser der Gicht	6 — 8 »
» des Kohlensackes . .	14 — 17 »
Weite des Gestells (oben) . . .	3 — 4 »
Rastwinkel	60⁰—66⁰

Bedeutend übertroffen werden diese Oefen in ihren Dimensionen durch 3 Hohöfen auf den Plymouth-Werken in der Nähe von Merthyr Tydvil, deren Schachthöhe 62 F., Kohlensackweite 19 F. und Gichtweite 10 F. beträgt.

Sämmtliche Hohöfen in Südwales **) sind aus einem feinkörnigen Sandstein der Steinkohlenformation erbaut, und die Schachtfutter bestehen aus so vortrefflichen feuerfesten Ziegelsteinen, daß sie mehrere Schmelz-Campagnen auszuhalten vermögen. Das Gestell besteht aus einem ebenfalls sehr festen Quarzconglomerat, welches Campagnen von häufig 5 Jahr und darüber zuläßt. — Die Gebläse werden meist durch Dampf-, mitunter auch durch Wasserkraft in Bewegung gesetzt. Die Gebläsecylinder haben in der Regel einen Durchmesser und einen Hub von 8 F. und machen durchschnittlich 14 Hübe in der Minute, so daß, nach Abrechnung des Windverlustes, die in der Minute gelieferte Windmenge sich auf 10800 Cub.-F. beläuft, womit 2 der gewöhnlichen Hohöfen gespeist werden. Die erwähnten 3 großen Hoh-

---

12 Spielen pro Minute zu treiben und dadurch 103 Cub.-M. = 3335 Cub.-F. Wind, nach Abzug des Windverlustes also gegen 3000 Cub.-F. Wind zu erzeugen.

*) Hartmann's Uebersetzung von Valerius Handbuch der Roheisenfabrik., S. 527. — Daubrée, Ann. des mines, 3 sér. T. XIV.

**) In Südwales befindet sich die bei weitem größere Anzahl der Hohöfen. In Nordwales waren im Jahre 1849 nur 11 vorhanden.

öfen auf den Plymouth-Werken haben einen Gebläsecylinder von $12^1/_6$ F. Durchmesser und 8 F. Hub, welcher jeden Ofen durch 3 Düsen in der Minute etwa mit 6000 Cub.-F. versorgt. Die Windpressung beträgt 3—5 Z. Quecks., bei einigen Oefen sogar 6 Z. Quecks. Düsendurchmesser = 3 — $3^3/_4$ Z.

Das in Südwales, wie in England überhaupt, am häufigsten zum Hohofenbetriebe angewendete Erz ist ein thoniger Sphärosiderit (clay-iron-ore), welcher Flötze im Steinkohlen- und im Grünsand-Gebirge bildet. Im Südwaleser Kohlenbecken kommt er auf 10 Flötzen vor, und zwar entweder in größeren nierenförmigen Massen oder in besonderen Lagen. Die unteren Flötze, die reichhaltigsten an Kohle, sind es auch an Eisenerz. Man unterscheidet mehrere Erzsorten, welche nach dem Rösten folgende chemische Zusammensetzung haben:

	Rothe Schicht.	Fleckige Schicht.	Schwarze Schicht.	Black pin.	Graue Schicht.	Braune Schicht.
Eisen . .	42,0	40,0	48,0	41,0	36,0	38,0
Sauerstoff .	18,0	17,0	20,6	17,6	15,4	16,3
Kieselerde .	27,0	28,9	22,0	30,4	31,2	24,4
Thonerde .	12,0	11,0	8,4	11,0	14,4	18,3
Kalkerde .	1,0	—	—	—	2,0	1,0
Talkerde .	—	3,0	1,0	—	1,0	2,0
	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0

Mit diesen Sphärosideriten gattirt man rothen Glaskopf von Lancashire und Cumberland, wodurch man einen mittleren Eisengehalt der Gattirung von ungefähr 50 Proc. erhält.

In gleichem Maße, wie durch das reichliche Vorkommen vorzüglichen Eisenerzes, sind die Südwaleser Eisenhütten durch gute Steinkohlen begünstigt. Das hier in Abbau stehende Steinkohlenbecken nimmt über 5 geogr. Quadratmeilen ein. Die Kohlen sind meist Backkohlen, welche an einigen Stellen in eine anthracitartige Kohle übergehen. Bei der Verkohkung in Haufen geben dieselben etwa 70 Proc. Kohks. Bei einer sorgfältigeren Verkohkung würde die Ausbeute eine beträchtlich größere seyn. Allein der Ueberfluß des Materials ersetzt hier die mangelnde Oekonomie.

Das gewonnene Roheisen wird in 6 verschiedene Arten sortirt in den Handel gebracht, nämlich als 1) Pig Nro. 1, auch crude iron oder found genannt, das an Kohlenstoff reichste Eisen; grobkörnig und dunkelgrau, auf dem Bruche oft krystallinisch blättrig. 2) Pig Nro. 2 oder good melting iron, weniger dunkelgrau und dabei feinkörniger, dichter und härter, dient vorzüglich zum Gießen von Maschinentheilen. 3) Pig Nro. 3 oder gray iron, feinkörniger und heller grau als das vorige; zugleich härter, aber etwas spröder (von geringerer relativer Festigkeit). 4) Gray pig, ein lichtgraues

feinkörniges Roheisen, noch härter als das vorige, und meist zur Stabeisenfabrikation, wegen seiner größeren Elasticität auch zum Gießen von Brückenbögen u. s. w. benutzt. 5) Motled iron, ein ziemlich feinkörniges, halbirtes Roheisen, ausschließlich zur Stabeisenfabrikation dienend. 6) White forge, weißes Roheisen, ebenfalls nur zur Erzeugung von weißem Roheisen angewendet. Kaum nöthig ist es zu bemerken, daß diese Eisensorten durch ihre Eigenschaften nicht scharf von einander getrennt sind, und daß nicht selten Sorten vorkommen, bei denen es schwierig zu bestimmen ist, in welche Klasse dieselben gehören.

Zur Erzeugung von 1 Tonne Roheisen sind in Südwales durchschnittlich etwa $2^1/_2$ — 3 Tonnen Steinkohle, 3 Tonnen ungeröstetes Erz und 1 Tonne Kalkstein erforderlich. Nimmt man eine Kohksausbeute von 70 Proc. an, so ergiebt sich hiernach ein relativer Kohksverbrauch von 1,75 — 2,1. Die Größe der wöchentlichen Roheisenproduktion, welche zwischen 55 und 100 Tonnen (1100 — 2000 Ctr.) wechselt, läßt sich durchschnittlich zu 90 Tonnen (1800 Ctr.) annehmen. Die tägliche Produktion ist mithin ungefähr = 250 Ctr. Bei den oben gedachten 3 großen Oefen der Plymouth-Werke ist sie 350 Ctr.

Einige Anthracit-Hohöfen in England und Nord-Amerika. Relativer Anthracitverb. = 1,35—1,86.
Hierher gehören zunächst einige Hohöfen in Südwales, welche mit den dort vorkommenden mageren, anthracitartigen Steinkohlen betrieben werden, die nur 8 — 10 Proc. flüchtiger Bestandtheile zu enthalten pflegen. Solche Steinkohlen geben einen sehr dichten und dabei bröckeligen Kohk und erfordern daher, um den nöthigen Hitzgrad zu erzeugen, entweder eine stark erhitzte oder eine stark gepreßte Gebläseluft. Auf dem Südwaleser Eisenwerke Yniscedwin verbraucht man bei Anwendung von heißem Winde zur Darstellung von 1 Tonne Roheisen 1,35 Tonne Anthracit. Die Anthracit-Hohöfen der Hütte Ystalyfera bei Swansea (Herrn Palmer Budd gehörig) werden mit kaltem Winde von $7^1/_2$ Z. Queckf. Pressung betrieben, und zwar unter Anwendung 4 — 6 Formen. Bei 6 Formen liegen 2 hinten und 2 auf jeder Seite; bei 5 Formen liegt an der Rückseite nur eine. Es sind Wasserformen, in welchen die Düsen genau schließen, so daß kein Wind zwischen beiden zurückschlagen kann (S. 38 u. 39). Die Düsen an der Rückseite haben $1^3/_4$ Z., die hinteren der an der Seite liegenden $1^1/_2$ Z., und die vorderen 1 Z. Durchmesser. — Im westlichen Pennsylvanien sind, nach Overmann *), mehr als 60 Anthracit-Hohöfen im Betriebe, deren Construktion gewöhnlich dadurch von der anderer Eisenhohöfen abzuweichen pflegt, daß sie selten so hoch wie die Kohks-Hohöfen, dagegen aber weiter als die Holzkohlen-Hohöfen zu seyn pflegen. Einer dieser Oefen, zu Reading, ist $36^1/_2$ F. hoch, 6 F. an der Gicht, 14 F. im

*) Manufacture of Iron, 2. edit., p. 179.

Kohlensack und 5 F. im Gestell weit. Sein Kohlensack bildet einen 5 F. hohen cylindrischen Raum, und der Rastwinkel beträgt 67 — 68°. Er wird mit 3 Formen betrieben, die 22 Z. über dem Heerdboden liegen. Ein anderer solcher Ofen, zu Phönixville, hat eine Höhe von 34 F. Sein 6 F. hohes, im Querschnitt quadratisches Gestell hat an der Rast $5^1/_4$ F. und am Boden $4^1/_4$ F. Seite. Die Gicht hat einen Durchmesser von 8 F. und der Kohlensack von 14 F. Man verschmelzt in diesem Ofen braunen Glaskopf von vorzüglicher Beschaffenheit, und verbraucht zu 1 Tonne daraus producirtes Roheisen 1,83 — 1,89 Tonne Anthracit, 2,59 — 2,65 Tonne Erz und 1,14 — 1,15 Tonne Kalkstein. Der relative Verbrauch an Anthracit beläuft sich hiernach auf durchschnittlich 1,86. Die durchschnittliche wöchentliche Produktion der Pennsylvanischen Anthracit-Hohöfen beträgt, nach Overmann, 75—80 Tonnen (1500—1600 Ctr.), also die tägliche etwa 220—230 Ctr.

Rel. Steinkohlenverb. = 3,5

Die Schottischen Steinkohlen-Hohöfen *). In ganz Schottland bedient man sich der rohen Steinkohlen zum Eisenhohofenbetrieb. Früher wendete man auf einigen Hüttenwerken ein Gemenge von gleichen Theilen Steinkohlen und Kohks an; neuerlich hat man jedoch diese Art des Betriebes ganz aufgegeben. Die Steinkohlen sind durchaus nicht bituminös (nicht backend), also zu einer Anwendung im Hohofen ganz geeignet; die Erze zum Theil von ganz ähnlicher Art wie in Südwales. Steinkohlen, Erze und Zuschlag (Kalkstein) werden in Stücken von 8 — 12 Cub.-Z., erstere mitunter von noch größerem Volum, aufgegeben. Die Oefen sind 38 — 45 F. hoch und mit 2, 3, 4 bis 9 Formen versehen. Bei 6 Formen liegen 2 in der Rückwand, und je 2 an jeder Seite; bei 9 Formen findet man eine Vertheilung von 3, 3 und 3 statt. Auf eine solche Vertheilung des Windes legt man — gewiß mit Recht — viel Werth, und würde eine noch größere Anzahl von Formen anwenden, wenn die Schwierigkeit, alle diese Formen gehörig zu beaufsichtigen und in gutem Stand zu erhalten, hierbei nicht zu groß würde. Die Vertheilung der Gebläseluft durch eine größere Anzahl von Windausströmungs-Oeffnungen, welche in einer Ebene liegen — das Princip des Sefström'schen Ofens — bewirkt eine größere Concentration der Hitze in der Achsenlinie des Gestells, und in Folge davon einen erhöhten Schmelz-Effekt bei verhältnißmäßig geringerer, oder wenigstens gleichförmigerer Ausschmelzung der Ofenwände. Die Bauart der Schottischen Hohöfen macht diese ganz besonders zur Anbringung einer größeren Anzahl Formen geeignet. Während das Gestell bei vielen anderen Hohöfen, wie z. B. bei den Belgischen, aus starken Werkstücken einer schwierig zu bearbeitenden Gesteinsart (Kieselconglomerat) besteht, ist das der Schottischen Hohöfen aus feuerfesten Ziegelsteinen construirt, welche nicht allein eine solche Einrichtung, sondern

*) Valerius, Fabrication de la fonte, p. 601.

auch die nothwendigen Reparaturen derselben ohne erhebliche Schwierigkeit zulassen. Die Düsendurchmesser richten sich nach der Anzahl der Formen. Bei 6 Formen ist ihre Weite $2\frac{1}{4}$—$2\frac{3}{4}$ Z. Die Windpressung pflegt 4—5 Z. Quecks. zu betragen. Allgemein wird mit erhitztem Winde von wenigstens 300° C. (Schmelzpunkt des Bleies) geblasen. — Das größte Schottische Eisenhüttenwerk, die Cartsharry-Hütte (2 Deutsche Meilen von Glasgow), hat nicht weniger als 17 Hohöfen, welche alle mit roher Steinkohle betrieben werden. Die verschmolzenen Erze sind Sphärosiderite, welche im Steinkohlengebirge — und hier oft mitten in der Kohle — in sehr mächtigen Lagen vorkommen. Sie enthalten 30—40 Proc. Eisen und werden in langen Haufen von bedeutender Größe abgeröstet. Die Steinkohle, welche in Flötzen von 24—30 F. Mächtigkeit vorkommt, ist eine Sinterkohle. Man giebt sie oft in sehr großen Stücken, das Erz in noch größeren auf. Die ganz aus Ziegelsteinen construirten Hohöfen sind 45 F. hoch, haben einen Kohlensack-Durchmesser von 19 F., einen Gicht-Durchmesser von 9 F., einen oberen Gestell-Durchmesser von $5\frac{1}{2}$ F. und einen unteren Gestell-Durchmesser von $4\frac{1}{2}$ F. Der Rastwinkel beträgt 60°. Jeder Ofen ist mit 8 geschlossenen Formen versehen, welche einen Wind von der Temperatur des geschmolzenen Bleis unter einem Druck von 14 (?!) Z. Quecks. *) ausblasen. In 24 Stunden setzt man etwa 100 Gichten durch, und erhält 1 Ctr. Roheisen durchschnittlich aus $2\frac{1}{2}$ Ctr. Erz, 1 Ctr. Zuschlag und $3\frac{1}{2}$ Ctr. Steinkohle. Der relative Verbrauch an Steinkohlen ergiebt sich hiernach = 3,5. Die tägliche Produktion dieser Oefen beträgt 300—400 Ctr. graues Roheisen.

Die Steinkohlen-Hohöfen zu Dowlais in Südwales. Dieses Hüttenwerk (Sir John Guest gehörig) ist das größte in Wales und in England überhaupt. Es hat 18 Hohöfen nebst 100 Puddel- und 60 Schweißöfen. Einer dieser Oefen hat folgende Dimensionen in Preußischem Maße:

Höhe des ganzen Schachtes	50 F.	$6\frac{1}{2}$ Z.	
» des Kohlensackes	9 »	$8\frac{1}{3}$ »	
» der Rast	12 »	$7\frac{1}{2}$ »	
» des Gestells	4 »	$10\frac{1}{4}$ »	50 F. $6\frac{1}{2}$ Z.
» des oberen Schachtes	23 »	$4\frac{5}{12}$ »	
Durchmesser der Gicht	11 »	8 »	
» des Kohlensackes	19 »	6 »	
» des Gestells (oben und unten)	4 »	$10\frac{1}{2}$ »	

Die 3 Formen, mit welchen der Ofen versehen ist, liegen 21, 22 und 23 Z. über dem Heerdboden, und liefern in der Minute 3500 Cub.-F. Wind. Die Windpressung beträgt 5 Z. Quecks. Man verschmelzt einen sehr reichen rothen

*) Nämlich 7 Pfund auf 1 Quadr.-Z. Bergwerksfreund Bd. 10, S. 30.

Glaskopf und Sphärosiderit, welche man mit Schweißofenschlacken und Kalkstein beschickt. Nur die Sphärosiderite werden geröstet. Die tägliche Produktion eines solchen Ofens beträgt gegen 430 Ctr., die wöchentliche also ungefähr 3000 Ctr.

3) Zweckmäßige Menge und Pressung, sowie Temperatur der Gebläseluft.

Menge und Pressung des Windes im Allgemeinen.

Betrachten wir zunächst die Menge und Pressung der Gebläseluft, und lassen wir die Temperatur derselben einstweilen unbeachtet. Bei unseren früheren Betrachtungen über die Compression, Geschwindigkeit und Menge der Gebläseluft (Bd. I., S. 453, 460 und 464) gelangten wir bereits zu dem Schlusse, daß gesteigerte Pressung des Windes und vermehrte Menge desselben zwei wichtige Mittel zur Temperatur-Erhöhung in einem Hohofen seyen, und folgerten daraus den Satz: durch eine geringere Menge stark gepreßten Windes kann in einem Hohofen dieselbe Temperatur erzeugt werden, wie durch eine größere Menge schwächer gepreßten Windes (Bd. I., S. 464). Zur richtigen Würdigung dieser Wahrheiten in Bezug auf den Eisenhohofen-Proceß mögen sich hier noch folgende Erläuterungen anreihen.

Die absolute Produktion (*P*) eines Eisenhohofens, d. h. die Gewichtsmenge des in einer gegebenen Zeit dargestellten Roheisens, ist — alle übrigen Umstände gleichgesetzt — abhängig von dem Volum (*v*) und der Temperatur (*t*) der Schmelzzone (Bd. I., Theorie des Schmelz-Effektes der erhitzten Gebläseluft, besonders S. 480 und 481); mit anderen Worten: die absolute Produktion *P* ist eine Funktion von *v* und *t*. Alles was auf Volum- und Temperatur-Zunahme der Schmelzzone hinwirkt, muß nothwendig auch die absolute Produktion erhöhen. Da nun gesteigerte Windpressung und vermehrte Windmenge sowohl die Temperatur als das Volum der Schmelzzone vergrößern, so können beide als Mittel zur Vergrößerung der absoluten Produktion in Anwendung gebracht werden. Allein es fragt sich: welches dieser Mittel das vortheilhafteste für den praktischen Eisenhüttenmann sey, dessen Streben darauf gerichtet seyn muß, eine gewisse absolute Produktion bei einem möglichst geringen relativen Brennmaterial-Verbrauch zu erzielen?

Stellen wir uns vor, zwei gleichconstruirte Hohöfen würden mit vollkommen gleicher Beschickung, gleichem relativen Brennmaterial-Quantum und gleicher Windmenge betrieben; der eine, *A*, aber mit einem beträchtlich schwächer comprimirten Wind als der andere, *B*. Solchenfalls wird, wie sich aus dem oben Angeführten ergiebt, der Ofen *A* eine geringere absolute Produktion haben, als der Ofen *B*. Bei letzterem kann daher eine entsprechende Menge

des relativen Brennmaterial-Zusatzes abgebrochen werden, bis dieser Ofen auf die gleiche Produktion von *A* zurückgeführt ist. Folglich hat beim Ofen *B* der stärker comprimirte Wind — bei gleicher absoluter Produktion beider Oefen — zu einem geringeren relativen Brennmaterialverbrauch als beim Ofen *A*, d. h. zu einer wirklichen Brennmaterial-Ersparung geführt. Starke Windpreff. führt zu Brennmaterial-Ersparung. Dieser Vorzug, welcher eine geringere Menge stärker gepreßten Windes vor einer größeren Menge schwächer gepreßten verdient, ist schon deswegen einleuchtend, weil erstere innerhalb einer gegebenen Zeit natürlich weniger Brennmaterial verzehrt, als die größere Menge der letzteren; denn der absolute Brennmaterialverbrauch in einem Hohofen ist großentheils abhängig von dem, während eines gewissen Zeitabschnittes durch den Schachtraum aufsteigenden Luft- (Sauerstoff-) Quantum.

Die stark comprimirte Gebläseluft hat daher eine ähnliche brennmaterialsparende Wirkung wie die erhitzte Gebläseluft (Bd. I., S. 482), und es ergiebt sich aus dem Gesagten: daß es, hinsichtlich der Brennmaterial-Ersparung, im Allgemeinen vortheilhafter sey, sich eines möglichst stark gepreßten Windes beim Hohofenprocesse zu bedienen, als eine verhältnißmäßig größere Menge schwächer gepreßten Windes anzuwenden. Allein es ist hierbei nicht zu übersehen, daß es bei diesem Processe keinesweges ausschließlich auf den Schmelz- (Nutz-) Effekt des Brennmaterials ankommt, sondern daß auch die zur Bildung eines guten Roheisens nothwendige Vorbereitung des Erzes im Ofenschachte einer strengen Berücksichtigung bedarf. Bei jeder Verminderung des relativen Brennmaterial-Quantums aber vermindert sich auch die relative Menge der reducirenden und kohlenden Gase, welche jene Vorbereitung bewirken sollen; bei jeder Beschleunigung der Schmelzung — Vermehrung der absoluten Produktion — vermindert sich die Zeit, während welcher jene Gase auf das Erz einwirken können; und bei einer beträchtlichen Temperatur-Steigerung der Schmelzzone werden Stoffe wie Silicium, Phosphor, Aluminium, Calcium u. s. w. in erhöhter Menge reducirt und vom Roheisen aufgenommen. Die Anwendung gesteigerter Windmenge und Windpressung als produktionsvermehrende Mittel, oder letzterer als brennmaterialersparenden Mittels, finden daher in der Praxis ihre Grenzen. Man muß sich ihrer stets Grenze der Windpressung in der Praxis. mit Vorsicht bedienen, wenn man die Qualität des zu producirenden Roheisens nicht außer Acht lassen will. Eine Befolgung bestimmter Regeln ist hierbei nicht möglich, da der Grad, bis zu welchem man jene Mittel mit Vortheil anwenden kann, sich nach der sehr variablen Beschaffenheit der Erze und Brennmaterialien richtet, und daher für jedes specielle Verhältniß erfahrungsmäßig festgestellt werden muß. Für den Fall, daß man vollkommen gutartige, leicht reducirbare Erze zu verschmelzen hat, ist die Grenze, bis zu welcher man sich der brennmaterialersparenden Wirkung eines stark gepreßten Windes

ohne erheblichen Nachtheil für die Qualität des Roheisens bedienen darf, nicht schwer zu finden. Man kann nämlich so lange gleichzeitig die Windpressung erhöhen und an Brennmaterial abbrechen, als sich dadurch noch die nothwendige absolute Produktion erzielen läßt. Letzteres wird aber nicht mehr zu ermöglichen seyn, wenn die reducirenden und kohlenden Gase, durch Verminderung des relativen Brennmaterial-Quantums, sich so vermindert haben, daß sich in der Kohlungszone ein so schwach gekohltes und dadurch so schwer schmelzbares Roheisen bildet, daß dessen erhöhter Schmelzpunkt die Schmelzung in stärkerem Grade verzögert, als sie durch erhöhte Temperatur des Schmelzraumes beschleunigt wird.

Temperatur des Windes im Allgemeinen.

Daß die Temperatur der Gebläseluft den entschiedensten Einfluß auf die absolute Produktion und den relativen Brennmaterialien-Verbrauch eines Hohofens ausübt, ist bereits früher ausführlich nachgewiesen und einer mathematischen Erörterung unterworfen worden (Bd. I., S. 477—485). Dieser Einfluß beruht ganz einfach darauf, daß durch eine Erhitzung der Gebläseluft — wenn alle übrigen wesentlichen Umstände beim Betriebe eines Hohofens unverändert bleiben — sowohl das Volum als die Temperatur der Schmelzzone vergrößert werden. Die erhitzte Gebläseluft führt auf direktem Wege demjenigen Theile des Hohofen-Inneren — der Schmelzzone — Wärme zu, bei welchem jede Temperaturzunahme unmittelbar beschleunigend auf den Schmelzproceß wirkt. Eine ungefähre Berechnung zeigt, daß sich durch diese naturgemäße Betrachtungsweise der ganze erfahrungsmäßige Schmelz-Effekt des heißen Windes erklären läßt, ohne daß man dabei zu der eben so unverbürgten als unwahrscheinlichen Annahme einer schnelleren Verzehrung des erhitzten Windes durch die Kohlen seine Zuflucht zu nehmen braucht *). Daß 2000° — 2500° C. heiße Kohlen, wie sich deren im Schmelzraume eines Hohofens befinden, eine auf 200° — 300° C. erhitzte Luft mit viel größerer Begier verzehren sollen, als Luft von gewöhnlicher Temperatur, erscheint als eine unmotivirte Vorstellung.

Hohe Temperatur des Windes führt zu Brennmaterial-Ersparung und Produktions-Vermehrung.

Man kann sich der erhitzten Gebläseluft entweder als eines ausschließlich produktionsvermehrenden oder als eines ausschließlich brennmaterialersparenden Mittels, oder endlich als beider Mittel zugleich bedienen (Bd. I., S. 485). Doch auch bei der Anwendung dieser Mittel werden dem praktischen Eisen-

*) Zu dieser Annahme ist man dadurch verführt worden, daß man bei Anwendung erhitzter Gebläseluft eine kleinere, aber stärker erhitzte Schmelzzone beobachtet zu haben glaubt, als bei Anwendung kalter. Eine solche Beobachtung — abgesehen von der Schwierigkeit derselben — dürfte man aber sicherlich nicht machen, wenn einem Hohofen erhitzte Gebläseluft in der Weise zugeführt würde, daß man hierbei sowohl in der Beschickung und dem relativen Brennmaterialzusatz, als in der — zuvor bei kalter Luft angewendeten — Windmenge und Windpressung durchaus nichts veränderte.

hüttenmanne ganz ähnliche Grenzen angewiesen, wie die zuvor bei der Menge und Compression der Gebläseluft gedachten. Bei der Produktionsvermehrung durch den erhitzten Wind kommt es ebenfalls in Betracht: 1) daß der beschleunigte Schmelzgang eine weniger gute Vorbereitung der Erze und weniger hohe Kohlung des reducirten Eisens gestattet, und 2) daß die erhöhte Temperatur im Schmelzraume eine größere Verunreinigung des Roheisens durch Silicium u. s. w. zur Folge hat. Bei der Brennmaterial-Ersparung aber ist zu berücksichtigen, daß eine relativ geringere Menge reducirender und kohlender Gase im Hohofenschachte entwickelt und dadurch ein verminderter Einfluß dieser Gase auf das Erz und das reducirte Eisen veranlaßt wird. Daher rührt es, daß das bei stark erhitzter Gebläseluft gewonnene Roheisen im Allgemeinen schlechtere Eigenschaften besitzt, als das bei weniger heißem oder kaltem Winde erblasene. Begreiflicherweise aber ist die Windtemperatur nicht das einzige maßgebende Moment hierbei, sondern die Beschaffenheit der Beschickung und des Brennmaterials spielt in diesem Falle eine eben so wichtige Rolle, wie bei der Anwendung der stark comprimirten Gebläseluft. Reine Erze und fehlerfreie Brennmaterialien gestatten die Anwendung eines weit stärker erhitzten Windes, als unreine Erze und schlechte Brennmaterialien; und zwar um so mehr, als man — durch zweckmäßige Kalkzuschläge — eine kieselerdereiche Schlacke und, in Folge davon, eine zu starke Siliciumbildung zu vermeiden sucht. Doch kann auch der Fall eintreten, daß es bei einer unreinen Beschickung — welche selbst bei kaltem Winde schlechtes Eisen liefert — Vortheil gewährt, Gebläseluft von hoher Temperatur (und starker Pressung) anzuwenden. Die Vermehrung der absoluten Produktion und die vielleicht gleichzeitig bewirkte Brennmaterial-Ersparung können solchenfalls ökonomischen Gewinn genug bieten, um die Erzeugung eines mehr oder weniger schlechten Eisens gleichgültig erscheinen zu lassen.

Qualität des heißerblasenen Roheisens.

Die Qualität des mittelst erhitzten Windes producirten Roheisens ist besonders abhängig 1) von der Temperatur des Windes, 2) von der Art und Menge des angewendeten Brennmaterials, 3) von der Beschaffenheit der Erze und Zuschläge, und zum Theil als Folge hiervon 4) von der Beschaffenheit der gebildeten Schlacke, besonders hinsichtlich des größeren oder geringeren Kieselerdegehaltes derselben. Wegen der großen Abweichungen, welchen diese bedingenden Momente auf verschiedenen Hüttenwerken unterworfen sind, kann das bei heißem Winde dargestellte Roheisen eine sehr verschiedene Beschaffenheit besitzen; und daher schreiben sich hauptsächlich die mitunter so sehr von einander abweichenden Urtheile über dieses Roheisen im Vergleich mit dem kalt erblasenen.

Wachler*) hat alle in Oberschlesien bis zum Jahre 1849 über die Be-

*) Berg- und hüttenm. Zeitung, Bd. 3, S. 304. — Wachler's Eisenerzeugung

schaffenheit des bei heißer Gebläseluft erblasenen Roheisens (sowie bei heißer Gebläseluft im Heerde gefrischten Stabeisens) gemachten Erfahrungen zusammengestellt, und dieselben mit den derartigen Erfahrungen anderer Metallurgen verglichen, in Bezug auf welche letztere ihm verschiedene frühere Aufsätze *) anderer Beobachter zum Anhalten dienten. Die große Mehrzahl der bis jetzt bekannt gewordenen Versuche und Mittheilungen Englischer Metallurgen hierüber kommen darin überein: daß das Englische Roh- und Stabeisen, bei heißer Gebläseluft erzeugt, hinsichtlich seiner relativen und absoluten Festigkeit sehr bedeutend schlechter sey, als das früher bei kaltem Winde dargestellte. Nach Porter (s. die unten citirte Abhandlung) liegen aber auch unverdächtige Zeugnisse Sachkundiger vor, nach welchen ein bemerkbarer ungünstiger Einfluß der erhitzten Gebläseluft auf die Beschaffenheit des Roheisens nicht stattgefunden hat. Diesem letzteren Urtheile schließt sich Wachler in Betreff vieler Oberschlesischen Roheisensorten an. Der Widerspruch, welcher in diesen sehr von einander abweichenden Aussagen liegt, verschwindet, wenn man die Betriebsverhältnisse der betreffenden Englischen und Deutschen Eisenhohöfen näher betrachtet. In England, namentlich aber in Schottland, hat man sich der produktionsvermehrenden und brennmaterialersparenden Wirkung der erhitzten und stark comprimirten Gebläseluft bis zu einem Grade bedient, welcher als ein gänzlich extremer zu bezeichnen ist. Man hat die Windtemperatur bis über 300° C., in mehreren Fällen sogar bis gegen 400° C. getrieben, und Windpressungen bis zu 8 Z. und 10 Z. Quecksilber angewendet. Daß unter solchen Verhältnissen selbst aus ganz gutartigen Beschickungen ein aus Silicium und Erdmetallen reiches und oftmals zugleich mit Graphit überladenes Roheisen erzeugt werden muß, kann nicht zweifelhaft erscheinen. Auch die betreffenden Eisenhüttenbesitzer werden dies kaum in Abrede stellen; allein dieselben finden einen zu überwiegenden Vortheil in der mit einem solchen Betriebe verknüpften außerordentlichen Ersparung an Arbeitslöhnen und Brennmaterial, als daß sie ihr System ändern sollten. Porter giebt an, daß die Brennnmaterial-Ersparung in Schottland — im Vergleich zu dem

---

Oberschlesiens, Heft 3, S. 76. — Hartmann's Fortschritte der Eisenhüttenkunde, S. 639.

*) C. v. Mayrhofer, über das bei heißer Luft erblasene Roheisen, in Frankenstein's Industrie- und Gewerbeblatt, 1843, Nro. 62. — G. Tunner, über den Unterschied des Roheisens von heißer und kalter Luft u. s. w.; in Tunner's Jahrbuch Bd. 2, S. 77. — Urtheile Englischer Ingenieure über Englisches und Schottisches Roheisen; in Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 2, S. 845. — Porter, über die Fortschritte, den jetzigen Zustand und die wahrscheinliche Zukunft der Eisenfabrikation in Großbritannien; in Karsten's Arch. Bd. 22, S. 691. — Bericht einer von der Engl. Regierung angeordneten Commission über das beim Eisenbahnwesen angewendete Eisen; in Dingler's polyt. Journ. Bd. 116, S. 120.

Brennmaterial-Verbrauch, wie derselbe vor dem Jahre 1840 stattfand — die fast unglaubliche Höhe von 72 Proc. erreicht haben soll. Dieser extreme Betrieb wird fortdauern, so lange das Englische — und in specie Schottische — Roheisen Absatzquellen genug findet. Zum Umschmelzen in Kupolo-Oefen und zur Anfertigung geringerer Gußwaaren angewendet, auf deren absolute und relative Festigkeit wenig ankommt, wird solches Eisen jedes andere stets vom Markte verdrängen. Allein die Zeit dürfte auch nicht mehr fern seyn, wo man in der Auswahl des zur Stabeisenfabrikation, zum Guß von Maschinentheilen u. s. w. bestimmten Roheisens vorsichtiger zu Werke gehen wird, als es früher oftmals der Fall gewesen ist. — Weit vorsichtiger als in England — allerdings zum Theil wohl durch gewisse lokale Verhältnisse dazu genöthigt — ist man in Oberschlesien mit der Anwendung jener produktionsvermehrenden und brennmaterialersparenden Mittel gewesen. Bei den Holzkohlen-Hohöfen hat man sich hier nie eines beträchtlich über 200° C. heißen Windes bedient, und bei den Kohks-Hohöfen hat man in der letzteren Zeit die erhitzte Gebläseluft meist nur periodenweise, wenn der Betriebszustand des Ofens dies nothwendig machte, angewendet, und selbst in diesem Falle von keiner höheren Temperatur als 80° — 125° C. Unter solchen Umständen ist man durch langjährige Erfahrung zu der Ueberzeugung gelangt, wie sie Wachler namentlich in Bezug des Malaparer Werkes ausspricht, daß die Haltbarkeit des Roheisens seit der Erzeugung desselben bei heißem Winde keineswegs in einem merkbaren Grade abgenommen habe, obgleich man vielfache Gelegenheit hatte, diese Haltbarkeit bei der Verwendung dieses Eisens zu Maschinentheilen der verschiedensten Art zu prüfen.

Wrightson*) hat durch eine Reihe von Analysen zu ermitteln gesucht, in wie weit der Phosphorgehalt des Roheisens bei der Anwendung heißer Gebläseluft zunimmt. Er erhielt hierbei folgende Resultate: Erhöhter Phosphorgehalt des heißerblasenen Roheisens.

Roheisen:	Phosphorgehalt in Procenten.						
kalt erblasen	0,47	0,41	0,31	0,20	0,21	0,03	0,36
heiß erblasen	0,51	0,55	0,50	0,71	0,54	0,07	0,40

Die Temperatur der hierbei angewendeten heißen Gebläseluft ist nicht näher angegeben. Jedenfalls aber tritt der Einfluß derselben auf den Phosphorgehalt des Roheisens sehr entschieden hervor. —

Die vorausgeschickten allgemeinen Betrachtungen werden genügen, um darzuthun, daß die Fragen: welches die zweckmäßigste Menge, die zweckmäßigste Pressung und die zweckmäßigste Temperatur der Gebläseluft für den Eisenhohofenbetrieb seyen? durchaus keiner allgemein gültigen Beantwortung fähig sind, sondern daß diese Beantwortung für jeden speciellen Fall erfah-

*) Philosophical Mag. Jan. 1850, S. 68. — Dingl. polyt. Journ. Bd. 116. S. 207. — Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9, S. 545.

rungsmäßig abgeleitet werden muß. Nichtsdestoweniger hat man versucht, über einige dieser Punkte empirische Regeln von umfassender Gültigkeit aufzustellen, welche in dem Folgenden Erwähnung finden sollen.

Specielle Regeln über d. Windmenge.

Was zuerst die Menge der innerhalb eines gegebenen Zeitraumes erforderlichen Gebläseluft betrifft, so machen Le Blanc und Walter dieselben von der Art des Brennmaterials und von der Querschnittsfläche des Kohlensackes abhängig. Nach ihnen beträgt die vortheilhafteste Windmenge — das Wind-Maximum — bei einem mit Holzkohlen betriebenen Hohofen für jeden Quadratfuß Rheinl. des Kohlensack-Querschnittes pr. Minute 30 — 37 Cub.-F. Rheinl. von atmosphärischer Dichtigkeit; bei Kohks-Hohöfen dagegen 26 — 30 Cub.-F. Bleibt man zuweit hinter diesem Wind-Maximum zurück, so wird, nach Le Blanc und Walter, die absolute Produktion des Hohofens geringer und der relative Brennmaterial-Verbrauch steigt; geht man dagegen über dasselbe hinaus, so tritt letzteres gleichfalls ein, ohne daß sich die absolute Produktion vermehrt.

Karsten stellt folgende Regeln hinsichtlich des Wind-Quantums auf. Es bedürfen:

			Wind pr. Minute.
1) Kohks-Hohöfen . .	40 — 50 F. hoch,	nie unter . . .	2000 Cub.-F.
2) Holzkohlen-Hohöfen	45 » »	ungefähr . . .	2000 »
3) Desgl.	35 — 40 » »	»	1000 — 2000 »
4) Desgl.	30 » »	»	800 »
5) Desgl.	25 » »	»	600 »
6) Desgl.	unter 25 » »	»	350 — 450 »

Hierbei ist zugleich anzunehmen, daß bei den verschiedenen Oefen die Schachthöhen in folgenden Verhältnissen zum Kohlensack-Durchmesser stehen.

	Kohlensack-Durchmesser.		Schachthöhe.
Oefen der 1sten Art	1	:	$3^1/_2$ — 4
» » 2ten »	1	:	4
» » 3ten »	1	:	$4^1/_2$
» » 4ten »	1	:	$4^1/_4$
» » 5ten und 6ten Art . . .	1	:	4

Berechnet man hiernach das pr. Minute auf 1 Quadr.-F. Kohlensack-Querschnitt ungefähr erforderliche Windquantum, so erhält man in allen diesen Fällen gegen 20 Cub.-F., eine Luftmenge, welche also bedeutend hinter der Vorschrift der genannten Französischen Metallurgen zurückbleibt. So viel ist jedoch ausgemacht, daß man, namentlich in Deutschland, viele Hohöfen finden kann, deren Betrieb sogar bei weniger als 20 Cub.-F. Wind pr. Minute sehr zufriedenstellende Resultate liefert. Der Grund hiervon ist wohl hauptsächlich der, daß jene Vorschrift nur die Menge der Gebläseluft

berücksichtigt, ohne die verschiedene Pressung derselben in Betracht zu ziehen. Die Le Blanc und Walter'schen Regeln dürften großentheils, wie wir später sehen werden, nur für schwächere Windpressungen richtig seyn.

v. Mayrhofer*) macht die Windmenge, welche ein Hohofen pr. Minute auf jeden Quadratfuß des Kohlensack-Querschnittes bedarf, von dem Durchmesser des Kohlensackes abhängig. Die folgende Tabelle enthält die näheren Angaben hierüber.

Durchmesser des Kohlensackes in Fußen.	Erforderliche Windmenge auf jeden Quadratfuß des Kohlensack-Querschnittes, in Quadratfußen.
$5\frac{1}{2}$ — 6	32
6 — $6\frac{1}{2}$	30
$6\frac{1}{2}$ — 7	29
7 — $7\frac{3}{4}$	28
$7\frac{3}{4}$ — 9	27
9 — $10\frac{1}{4}$	26
$10\frac{1}{4}$ — $11\frac{3}{4}$	25
$11\frac{3}{4}$ — $14\frac{1}{2}$	24
$14\frac{1}{2}$ — $17\frac{1}{4}$	23
$17\frac{1}{4}$	22

Daß ein Hohofen mit größerem Kohlensack-Durchmesser stets verhältnißmäßig weniger Wind gebrauchen soll, als ein Ofen mit engerem Kohlensacke, dürfte sich wohl nicht als absolut nothwendig herausstellen.

Leichte Bestimmungsart der ungefähr nöthigen Windmenge.

Bei der Anlage eines Eisenhohofens, welcher eine, hinsichtlich ihres Verhaltens beim Verschmelzen im Großen, noch unbekannte Beschickung verarbeiten soll, läßt sich nie zuvor mit Sicherheit bestimmen, welche Windmenge für diesen speciellen Fall die vortheilhafteste seyn wird. Richtet man jedoch das Gebläse so ein, daß dasselbe, bei einer mittelstarken Pressung (2 — 3 Z. Quecksilber) und gewöhnlicher Düsenweite, in der Minute so viel Wind von atmosphärischer Dichtigkeit zu liefern vermag, als ungefähr der Inhalt des ganzen Hohofenschachtes beträgt, so kann man sicher seyn, eine in den meisten Fällen mehr als hinreichende Windmenge zur Disposition zu haben. Die Bestimmung des vortheilhaftesten Windquantums bleibt alsdann einer Reihe von Versuchen überlassen.

Beispiele von Windmengen.

Beispiele von Windmengen, wie dieselben bei den Holzkohlen- und Kohks-Hohöfen verschiedener Hüttenwerke angewendet werden, sind schon im vorhergehenden Abschnitte (Zweckmäßige Menge des Brennmaterials) gegeben worden. Man sehe in dieser Beziehung besonders die Holzkohlen-Hohöfen von

*) Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 2, S. 720.

Lauchhammer, Ilsenburg, Rothe Hütte, Mägdesprung, Ludwigshütte, sowie die Schwedischen Holzkohlen-Hohöfen; ferner die Belgischen Kohks-Hohöfen, sowie die von Königshütte, Marienhütte, Maubeuge und Wales.

Die Pressung der Gebläseluft muß sich unzweifelhaft zum Theil nach der mehr oder minder dichten Beschaffenheit des Brennmaterials richten, allein es ist nicht zu billigen, dieselbe gänzlich hiervon abhängig zu machen

Specielle Regeln über die Windpressung.

Le Blanc und Walter geben folgende Regeln in Betreff der Windpressung:

Brennmaterial.	Windpressung.
1) Für Kohlen von sehr weichem Holz, wie Pappeln ꝛc.	$^2/_3$ — 1 Z. Quecks.
2) » Kohlen von Fichten- und Tannenholz . . .	1 — $1^1/_2$ »
3) » Kohlen von hartem Holz	$1^1/_2$ — $2^1/_2$ »
4) » leichte Kohks	3 — 5 »
5) » dichte Kohks	5 — $7^1/_2$ »

Diese Windpressungen mögen die angemessenen seyn, sobald man sich jenes von Le Blanc und Walter aufgestellten Wind-Maximums bedient. Aus oben angegebenen Gründen erhellt es aber, daß es in vielen Fällen ökonomischen Vortheil gewährt, eine stärker comprimirte Gebläseluft bei Verminderung jener Windmenge anzuwenden.

Beispiele von Windpressungen.

Aus dem vorhergehenden Abschnitte lassen sich verschiedene Beispiele für die bei einigen Hohöfen für zweckmäßig befundenen und angewendeten Windpressungen — in Verbindung mit den darauf bezüglichen Windmengen — entnehmen. Bei mehreren Russischen Hohöfen, welche meist nur mit Nadelholzkohlen betrieben werden, bedient man sich mit entschiedenem Vortheile einer (kalten) Gebläseluft von 2,5 — 3,5 Z. Quecksilber Pressung. Die höchste Windpressung, welche bisher wohl bei irgend einem Holzkohlen-Hohofen in Anwendung gebracht seyn dürfte, ist die des Ofens zu Lauchhammer. Sie beträgt (bei Nadelholzkohlen und 140° C. heißer Gebläseluft) nicht weniger als 7 Z. Quecksilber. Die ökonomisch vortheilhafte Wirkung dieser außerordentlich hohen Compression giebt sich dadurch kund, daß man die zu 33,5 Proc. ausgebrachten Erze mit einem relativen Brennmaterial-Quantum von nur etwa 0,9 verschmelzt, und dabei eine tägliche Produktion von 90 Ctr. erreicht, welche in Bezug auf die Beschaffenheit der Erze und die Dimensionen des Hohofens eine beträchtliche zu nennen ist. — Ferner ist auf mehrere, in jenem Abschnitte angeführte Kohks-Hohöfen aufmerksam zu machen, bei welchen hohe Windpressungen mit Vortheil angewendet werden; so z. B. bei den Belgischen Hohöfen 7 — 8,5 Z. Quecksilber; bei den Oberschlesischen Hohöfen bis 6,5 Z., beim Hohofen zu Maubeuge 5,7 — 7,6 Z., und bei einigen Englischen Kohks- und Anthracit-Hohöfen 5 — 6 — 7 Z. Wie bereits oben erwähnt, sollen bei letzteren noch höhere Windpressungen — bis zu 9 und 10 Z. Quecksilber und darüber — vorkommen, welchen extremen Fällen hier jedoch keineswegs das Wort geredet werden soll.

Wenn man sich hoher Windpressungen bedient, oder wenn man sich entschließt, solche versuchsweise in Anwendung zu bringen, muß man dafür Sorge tragen, daß der in das Gestell geblasene Wind keine Gelegenheit findet, zwischen Form und Düse theilweise wieder aus dem Ofen zu entweichen (S. 38 u. 39). Die Verabsäumung dieser sehr einfachen Vorschrift ist der Grund zu so manchen ungünstigen Urtheilen über die Wirkung der stark gepreßten Gebläseluft. Vorsicht bei starken Windpressungen.

Die Temperatur der Gebläseluft läßt, in Bezug auf ihren vortheilhaftesten Grad, durchaus keine allgemein gültigen empirischen Regeln zu. Während manche Beschickungen eine bis zu 300° C. erhitzte Gebläseluft zu vertragen scheinen, ohne ein für den merkantilischen Absatz unbrauchbares Eisen zu liefern, gestatten andere Beschickungen kaum die Anwendung eines 100° C. warmen Windes. Gußroheisen verträgt, aus nahe liegenden Gründen, gewöhnlich eine weit stärker erhitzte Gebläseluft, als das zur Stabeisenfabrikation bestimmte Roheisen. Bemerkenswerth in dieser Hinsicht dürfte es beispielsweise seyn, daß die größtentheils auf Gewinnung von Frisch-Roheisen betriebenen Belgischen Hohöfen fast ganz von der Anwendung der erhitzten Gebläseluft zurückgekommen sind; und daß auch viele Oberschlesische Hohöfen, obgleich sie zum Theil Guß-Roheisen erzeugen, sich des heißen Windes nur sehr vorsichtig und in eingeschränktem Maße bedienen. Daß hieraus jedoch keine feste Vorschrift zu entnehmen sey, geht aus dem, zuvor über die Anwendung der erhitzten Gebläseluft im Allgemeinen Gesagten deutlich genug hervor. Specielle Regeln über die Windtemperatur.

4) Hüttenmännischer Betrieb des Roheisen-Schmelzprocesses.

Der hüttenmännische Betrieb eines Hohofens besteht in einer Reihe mechanischer Arbeiten, welche durch chemische und physikalische Grundsätze bedingt sind, und deren specielle Leitung durch einen Betriebs-Officianten geschieht, welcher sowohl mit diesen Grundsätzen als mit jenen Arbeiren vertraut seyn muß. Eine ausführliche Beschreibung der letzteren — die zugleich eine Beschreibung aller hierbei angewendeten Gezähe, Geräthschaften u. s. w. in sich schließt — ist nicht Gegenstand der Metallurgie, sondern der Hüttenkunde. Unser Zweck bringt es hauptsächlich nur mit sich, die *Motivirung* dieser Arbeiten darzulegen, während wir die *Ausführung* derselben nur insoweit zu betrachten haben, als es jener Zweck erfordert.

a) Mechanische Arbeiten zur Wartung des Hohofens vor und während der Schmelz-Campagne.

Unter *Schmelz-Campagne* eines Hohofens versteht man die Zeit, während welcher ein solcher Ofen, abgesehen von vorübergehenden Betriebs-

störungen, unausgesetzt im Betriebe gestanden hat. Dem eigentlichen Beginn der Schmelz-Campagne, dem Anlassen des Hohofens, geht das Austrocknen und Abwärmen desselben vorher. Am Schlusse der Schmelz-Campagne, welcher durch nothwendige Reparaturen oder gänzlichen Neubau des Ofens bedingt wird, schreitet man zum sogenannten Ausblasen.

α) Austrocknen und Abwärmen eines Hohofens.

Um die gehörige Trockenheit der Ofenwände eines neugebauten oder reparirten Schmelzofens herbeizuführen, darf man nicht zu schnell wirkende Mittel anwenden, weil man sonst ein Reißen der neuen oder reparirten Mauertheile zu befürchten hat. Ein fertig gebauter neuer Hohofen bedarf einer Zeit von wenigstens 2 — 3 Wochen, um den gehörigen Grad der Lufttrockenheit zu erlangen, und erst alsdann ist es rathsam, mit der eigentlichen Austrocknung, mittelst Hülfe von Brennmaterial, zu beginnen. Die Austrocknung der äußeren Mauern kann durch kleine Oefen geschehen, welche man so aufmauert, daß einige der im Gemäuer angebrachten Luftkanäle, Abzüchte, hierbei als Schornsteine dienen; die Austrocknung der inneren Ofenwände dagegen geschieht am besten zuerst durch ein vor, später durch ein unter dem Tümpel angebrachtes Feuer, wobei man alle diesem zunächst liegenden Theile der inneren Mauern durch lose aufgesetzte Ziegelsteine vor zu schneller Erwärmung bewahrt. Zu gleicher Zeit werden die Formöffnungen vermauert, damit der heiße Luftstrom nicht hier seinen Ausweg sucht, sondern gezwungen ist, zur Gicht aufzusteigen, welche man zuvor so mit eisernen Platten bedeckt hat, daß nur geringe Oeffnungen zum Entweichen der Dämpfe und des Rauches bleiben. Auch dies geschieht aus Vorsicht, um anfangs zu schnellen Luftzug und zu hastige Austrocknung zu verhüten.

Austrocknung eines Hohofens.

Abwärmung eines Hohofens.

Nach beendigter Austrocknung eines Hohofens folgt nun erst das Abwärmen. Bei der ersteren hat noch kein Theil desselben auch nur eine schwache Glühhitze erhalten; es ist daher nothwendig, daß man die Temperatur allmälig bis zu dem Grade steigere, bei welchem die reducirende Schmelzung der Erze ihren Anfang nehmen kann. Zu dem Ende nimmt man die eisernen Platten von der Gicht, bringt Holzstücke, trockne Zweige und dergleichen leicht entzündbares Brennmaterial in den Heerd, und füllt das Gestell, durch Aufschütten von der Gicht aus, voll Kohlen. Bricht die Flamme durch diese Kohlenschicht, so schüttet man so viel Kohlen nach, daß dieselben etwa das untere Drittel der Rast bedecken. Jetzt wird der Raum zwischen Tümpel und Bodenstein, bis auf eine kleine Zugöffnung, zugemauert. Der Wallstein ist, während aller dieser Arbeiten, noch nicht an seinen Platz gelegt worden. Zeigt sich die Flamme abermals über der zuletzt aufgeschütteten Kohlengicht, so werden 1 Elle hoch Kohlen nachgegeben, und so fort, bis der Schachtraum bis in den Kohlensack mit Brennmaterial gefüllt ist. Ist der Ofen ganz

neu, so schüttet man, so bald sich die Flamme wieder blicken läßt, den noch übrig gebliebenen Raum erst bis zur Hälfte, und dann ganz voll; ist derselbe dagegen nur einer Reparation unterworfen gewesen, so kann man den Schacht sogleich füllen. Die verbrannten Kohlen werden von Zeit zu Zeit durch neue ersetzt, welche man in die Gicht schüttet, sobald das Niveau der Kohlen hierselbst ein Paar oder einige Fuß gesunken ist. Einen Tag um den anderen wird die Heerdvermauerung, welche nur aus Steinen und nassem Sande aufgeführt wurde, weggenommen, eine starke Eisenstange in horizontaler Richtung dicht unter dem Tümpelstein befestigt und andere Eisenstangen werden zwischen der ersteren und dem Tümpel so in den Ofen geschoben, daß sie eine Art von Rost bilden. Man ist nun im Stande, die im Heerde befindliche Aschenmasse wegzuräumen, ohne daß die noch unverbrannten Kohlen aus dem Schachte nachrollen. Ist die Reinigung geschehen und dadurch wieder ein besserer Luftzug hergestellt, so wird die Mauer wieder vor den Heerd gesetzt. Das auf diese Art ausgeführte Abwärmen eines neuen Hohofens dauert 4 — 5 Wochen, das eines mit neuem Kernschachte (Futterschachte) versehenen nur etwa 1 — 2 Wochen.

Anstatt dieser Abwärmmethode kann man sich auch einer anderen, besonders in Frankreich gebräuchlichen bedienen, welche darin besteht, daß man einen förmlichen Flammofen unter dem Gewölbe der Arbeitsseite aufführt, dessen Fuchs in den Heerd mündet. Die Gicht wird hierbei theilweise bedeckt gehalten. Hat man das mit Hülfe des Flammofens zu erreichende Maximum der Abwärmung hervorgebracht, so wird der Ofen erst zur Hälfte und dann ganz mit Kohlen gefüllt. Diese Methode, obgleich sie nicht minder kostbar ist, als die erstbeschriebene, hat den Vorzug, daß man die Temperatur im Inneren des Schachtraumes besser dirigiren kann, weshalb bei derselben nicht so oft Beschädigungen des Schachtgemäuers durch Sprünge vorkommen sollen. Andere Methode des Abwärmens.

β) Anlassen und Betrieb eines Hohofens.

Die letzte Operation beim Abwärmen bestand darin, daß der Schachtraum bis zur Gicht mit Kohlen gefüllt wurde, während der Heerd immer noch bis auf eine Zugöffnung vermauert, der Wallstein noch nicht eingesetzt und das Gebläse noch nicht im Gange war. Sobald nun das Niveau des Brennmaterials einige wenige Fuß unter die Gichtoberfläche gesunken ist, beginnt man mit dem Aufgeben der Erzgichten, und zwar zuerst mit den sogenannten stillen Gichten. Erzgichten.

Unter Erzgicht versteht man eine Lage Erz, wie sie in die Gicht des Hohofens geschüttet wird, um beim allmäligen Sinken der Beschickungssäule nach und nach den reducirendden Schmelzproceß zu durchlaufen. Je zwei Erzgichten werden durch eine Schicht Kohlen (Kohlengicht) von einander ge-

trennt. Eine Kohlen- oder Kohksgicht und eine Erzgicht werden stets zu gleicher Zeit aufgegeben, das Brennmaterial in der Regel zu unterst und das Erz oben darauf, um unnützen Verbrand des ersteren zu verhüten. Nur bei schweren Kohks und leichtverstäubenden Erzen macht man es umgekehrt. Stille Gichten nennt man diejenigen, welche ohne Beihülfe des Gebläses, also nur durch die langsamere, vom Zug bewirkte Verzehrung des Brennmaterials niedergehen. Sie enthalten natürlicher Weise nur ein sehr geringes Erzquantum, mit welchem man etwas steigt, sobald die erste stille Gicht den Heerd erreicht. Alsdann wird nämlich der Heerd, während der Anbringung jenes sogenannten Rostes, wieder gereinigt, eine 3 — 4 Z. starke Schicht Kohlenstaub auf den Heerdboden geworfen, Wallstein und Tümpelblech werden eingesetzt und das Gebläse wird angelassen, allein nur etwa mit der halben Pressung. Sobald man die Eisenstangen, welche den Rost bildeten, wieder weggezogen hat und die Beschickungssäule nachgerollt ist, zieht man einen Theil des Brennmaterials in den Vorheerd, wirft einige Schaufeln Kohlenstaub (Lösche) darüber und bedeckt nun die schon hierdurch geschlossene Oeffnung zwischen Tümpelstein und Wallstein noch mit feuchtem Thon, welcher bald erhärtet und ein besseres Zusammenhalten der Wärme im Heerdraume bewirkt. Auf Letzteres kommt sehr viel an, weil sonst das erste flüssige Roheisen, welches in den Heerd gelangt, leicht auf der Sohle desselben erstarrt und zum Anwachsen von festen Eisenmassen Veranlassung giebt, welche oft kaum mit großer Mühe und ohne den Heerd zu beschädigen weggeschafft werden können. Jene Schicht Kohlenstaub, welche auf dem Heerdboden ausgebreitet wurde, verhindert dann wenigstens das zu feste Ansetzen dieser erstarrten Massen (Sauen). Alle 2 — 3 Stunden muß der erhärtete Thonbewurf weggeschafft und vermittelst langer eiserner Stangen im Heerde gearbeitet werden, um Verstopfungen zu verhüten und die meist noch zähe Schlacke aus dem Vorheerde zu schaffen. Bei diesen Arbeiten darf das Gebläse nicht abgestellt werden. Hat sich der Heerd endlich mit flüssiger Schlacke gefüllt, so wird diese durch den Stich abgelassen. Es dauert gewöhnlich 12 bis 16 Stunden nach dem Anlassen des Gebläses, bis sich eine zum Ausschlagen (Abzapfen) hinreichende Quantität Roheisen angesammelt hat. Das zuerst gewonnene Eisen hat natürlich noch nicht die richtige Beschaffenheit, sondern ist in der Regel ein weißes, kohlenstoffarmes Roheisen.

Steigerung des Satzes.

Allmälig steigt man nun mit dem Verhältnisse des Erzes zum Brennmaterial und mit der Pressung des Windes, bis der gewünschte normale Gang des Schmelzens erreicht ist. Dieses Steigern »des Satzes« oder »der Sätze« erfordert viel Vorsicht und Erfahrung. Zu rasches Steigern kann den Ofen in eine schlimme Unordnung bringen, und zu langsames kostet unnützen Brennmaterial-Aufwand. Wer nicht hinreichende Erfahrung besitzt, thut am klügsten, dem letzten dieser beiden Uebel den Vorzug zu geben. Walter und

Le Blanc führen in ihrem bereits citirten Werke folgendes, auf Erfahrung begründetes Schema über die allmälige Steigerung der Sätze an. Die ganze Zeit der Steigerung ist hier in 6 Perioden getheilt.

1ste Periode:	1 Gwthl.	Kohlen	od.	Kohks,	$^1/_6$	Gwthl.	Erz,	$^1/_9$	Gwthl.	Zuschlag.
2te	»	1	»	»	»	»	$^1/_5$	»	»	$^3/_{25}$	»	»
3te	»	1	»	»	»	»	$^1/_4$	»	»	$^1/_8$	»	»
4te	»	1	»	»	»	»	$^1/_3$	»	»	$^1/_9$	»	»
5te	»	1	»	»	»	»	$^1/_2$	»	»	$^1/_6$	»	»
6te	»	1	»	»	»	»	$^2/_3$	»	»	$^2/_9$	»	»

In den ersten 3 Perioden supplirt man $^1/_3$ bis $^1/_4$ des Zuschlages durch Hohofenschlacke von früheren Schmelzungen. Von der 3ten Periode an wird dieser Schlackenzusatz vermindert und endlich ganz weggelassen. Es kann zuweilen, von dem Beginne der stillen Gichten an gerechnet, 3 — 4 Wochen dauern, bis man das Ende der 6ten Periode erreicht hat und nun zu einem Satze schreiten kann, wie er dem normalen Gange des Ofens zukommt. Das angegebene Schema kann begreiflicher Weise mancherlei Abänderungen erleiden, je nachdem lokale Umstände hierbei wirksam sind. Dasselbe ist auch wohl kaum aufgestellt worden, um eine genaue Vorschrift, sondern nur um einen Maßstab für die beim Anblasen eines Hohofens nothwendige Vorsicht zu ertheilen.

So veränderlich die Erzgichten bei dieser Steigerung der Sätze ausfallen, so unveränderlich sind die Kohlengichten. Man wählt nämlich, gleich vom Beginne der stillen Gichten an, diejenige Quantität Brennmaterial (Kohlen oder Kohks) zu einer Gicht, welche auch später, beim erreichten normalen Gange des Hohofens, beibehalten werden soll. Die Größe einer solchen constanten Kohlen- und Kohksgicht ist 1) von der Höhe der Oefen, also auch von ihrer Weite im Kohlensack, 2) von der Beschaffenheit der Erze und 3) von der der Brennmaterialien abhängig. Ein Hohofen, welcher einen großen Kohlensack-Durchmesser besitzt, muß verhältnißmäßig große Kohlen- oder Kohksgichten erhalten, damit dieselben, wenn sie in den weiten Kohlensack gelangen, nicht zu dünn werden und die darüber liegende Erzgicht theilweise durchrollen lassen. Kohlengichten u. Kohksgicht.

Strenge Erze erfordern stärkere Brennmaterial-Gichten als leichte, und von dichten Kohks wendet man, wie es sich von selbst versteht, Gichten von geringerem Volumen an, als von porösen Holzkohlen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß große Kohlen- und Kohks-Gichten — wegen des dadurch veranlaßten tieferen Niederrückens der Schmelzsäule bis zum Aufgeben einer neuen Gicht — den oberen Theil des Ofenschachtes verhältnißmäßig abkühlen.

Le Blanc und Walter geben über die Größe der Kohlengichten in ihrem bekannten Werke folgende Vorschriften.

Größe der Kohlen- und Kohksgichten.

Bei Holzkohlen-Hohöfen von 22 — 26 F. Höhe, die eine leichtflüssige Beschickung verschmelzen, sind Kohlengichten von 10 — 11 Cub.-F. hinreichend; bei strengflüssigen Erzen nimmt man Kohlengichten von 15 — 16 Cub.-F.

Oefen von 29 — 32 F. Höhe erfordern bei sehr leichtflüssigen Erzen Gichten von 20 — 23 Cub.-F.; bei Erzen von mittlerer Schmelzbarkeit Gichten von 26 — 29 Cub.-F.; bei strengflüssigen Erzen $32\frac{1}{2}$ — 39 Cub.-F.

Oefen von 38 F. Höhe, bei Erzen von mittlerer Strengflüssigkeit 49—52 Cub.-F.; bei strengflüssigen Erzen 65 — $71\frac{1}{2}$ Cub.-F.

Bei den Kohks-Hohöfen sind die Gichten, wegen des schwer entzündlichen Brennmateriales, und weil sie, ehe sie in den Kohlensack gelangen, weniger an Volum abnehmen, verhältnißmäßig kleiner.

In Oefen von 38 F. Höhe giebt man 17 — $19\frac{1}{2}$ Cub.-F., je nach der Beschaffenheit der Erze; in Oefen von 44 — 47 F. Höhe 24 — 29 Cub.-F., und in solchen von 47 — 51 F. Höhe $32\frac{1}{2}$ — 39 Cub.-F. Kohks auf.

Diese Vorschriften lassen sich, übersichtlicher und in abgerundeten Zahlen, ungefähr folgendermaßen zusammenfassen.

Bei Holzkohlen-Hohöfen von etwa

	Größe einer Gicht des Brennmaterials:
25 F. Höhe . . .	10 — 15 Cub.-F.
30 » » . . .	20 — 40 »
40 » » . . .	50 — 70 »

Bei Kohks-Hohöfen von etwa

40 F. Höhe . . .	circa 20 Cub.-F.
45 » » . . .	» 25 »
50 » » . . .	» 35 »

Le Blanc und Walter bemerken hierbei, daß jene allgemeinen Angaben in jedem besonderen Falle, nach der erlangten Erfahrung, verschieden seyen; daß diese Verschiedenheiten selbst sehr bedeutend seyn können, ohne daß hierbei eine merkliche Verschlechterung des Ofenganges eintritt oder merkliche Unterschiede in dem relativen Brennmaterial-Verbrauch dadurch veranlaßt werden. Dies ist vollkommen wahr. Fast über nichts sind die Angaben der Eisenhüttenleute verschiedener als über die zweckmäßige Größe der Brennmaterial-Gichten.

Karsten schreibt bei 30 — 40 F. hohen, 6 — 8 F. im Kohlensack weiten Holzkohlen-Hohöfen Kohlengichten von 28 — 30 Cub.-F. vor; bei guten und festen Holzkohlen und bei locker liegenden Erzen sogar nur von 15 — 20 Cub.-F. Kohks-Hohöfen von 40 F. Höhe und 10 — 12 F. Kohlensackweite erfordern, nach demselben, Kohksgichten von 12 Cub.-F., größere Oefen höchstens von 20 Cub.-F. Diese Angaben weichen sehr beträchtlich von denen le Blanc's und Walter's ab, indem sie bedeutend geringer als diese sind. Zum Theil mag dies mit der sehr beträchtlichen Windmenge

zusammenhängen, welche die Französischen Metallurgen zu einem guten Betriebe für nothwendig erachten.

v. Mayrhofer*) schreibt das Volum der Kohlengichten in der Weise vor, daß, wenn man sich eine solche auf einer dem Kohlensack-Querschnitt gleichen Grundfläche ausgebreitet denkt, ihre Höhe $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ Z., bei den weichsten Holzkohlen höchstens 5 Zoll betragen muß. Für Kohksgichten setzt er dieses Maximum auf 4 Z.

Beispiele von der Größe der Kohlen- und Kohksgichten.

In Schweden und Norwegen pflegt man sich bei 30 F. hohen Holzkohlen-Hohöfen Kohlengichten von 50 Cub.-F. zu bedienen; und am Ural sind Kohlengichten von 80 Cub.-F. bei 40 F. hohen Schächten nicht ungewöhnlich. In dem 30 F. hohen und 7 F. (im Kohlensack) weiten Hohofen von Malapane wendet man Kohlengichten von nur 16 Cub.-F. an; in den beiden 30 F. und 34 F. hohen Oefen von Neunkirchen (S. 130) von 25 Cub.-F. Man sehe ferner die verschiedenen Beispiele, welche hierüber im zweiten Abschnitte (Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials) bereits angeführt wurden, namentlich bei den Hohöfen von Ilsenburg ($29\frac{1}{2}$ F. hoch, $7\frac{1}{2}$ F. im Kohlensack weit; 1 Kohlengicht = 27 Cub.-F.), Rothe Hütte ($32\frac{1}{2}$ F. hoch, $8\frac{1}{3}$ F. weit; 1 Kohlengicht = $24\frac{1}{5}$ Cub.-F.), Goroblagodatsk (49 F. Engl. hoch, 14 F. weit; 1 Kohlengicht = 70 Cub.-F. Engl.), Kamensk (34 F. Engl. hoch, $11\frac{2}{3}$ F. weit; 1 Kohlengicht = 70 Cub.-F. Engl.), Nischnetagilsk ($37\frac{1}{2}$ F. Engl. hoch, 11 F. weit; 1 Kohlengicht = 80 Cub.-F. Engl.) und Poschefsk (56 F. Engl. hoch; 1 Kohlengicht = 125 Cub.-F. Engl.). Die bei den Belgischen Kohks-Hohöfen gebräuchlichen Kohksgichten betragen etwa 32 Cub.-F. Eine Kohksgicht auf Königshütte ist = $42\frac{2}{3}$ Cub.-F. Diese Beispiele werden genügen, um zu zeigen, daß dieselben zum Theil eben so sehr von den oben angegebenen Regeln abweichen, als diese Regeln unter sich.

Veranschaulich. der Wirkungen großer u. kleiner Gichten.

Die verschiedene Wirkung großer und kleiner Brennmaterial-Gichten auf den Schmelzproceß kann man sich dadurch leicht veranschaulichen, daß man sich die extremsten Fälle derselben denkt. Die größtmögliche Kohlen- oder Kohks-Gicht würde die seyn, welche, nebst der dazu gehörigen Erz-Gicht, den ganzen Schacht eines Hohofens ausfüllte; die kleinstmöglichen Gichten finden aber gewissermaßen in dem Falle statt, wenn Brennmaterial- und Erzstücke im ganzen Schachtraume vollständig mit einander gemengt sind. In beiden Fällen würde, wie man sich leicht vorstellen kann, ein sehr fehlerhafter Schmelzgang, ja endlich ein vollständiges Stocken desselben eintreten. Da nun beide Extreme zu etwas Unrichtigem führen, so muß es eine richtige Mitte geben. Jedoch hat dieselbe keine so scharfe Begrenzung, daß sie nicht einen bedeutenden Spielraum ließe.

*) Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 2, S. 688.

Geschäfte der Arbeiter während des normalen Schmelzganges.

Sobald das Schmelzen seinen normalen Gang erreicht hat, die Erzgichten also die verlangte Größe besitzen, ordnen sich auch die Geschäfte der beim Hohofen angestellten Arbeiter, und zu gewissen Zeiten kehren dieselben Operationen wieder. Die Arbeiter, welche oben auf der Gicht beschäftigt sind, haben für das Aufgeben zu sorgen, d. h. sie müssen so oft eine Brennmaterial-Gicht und eine Erz-Gicht nachfüllen, als durch das Sinken der Beschickung hinreichender Platz für beide entsteht. Die Schmelzer, welche ihren Platz beim Heerde haben, müssen für das Abziehen der Schlacke, für den guten Gang des Gebläses, das Reinhalten der Formen und das Ausschlagen des geschmolzenen Roheisens sorgen. Ein solcher Ausschlag erfolgt gewöhnlich in Zeiten von 8 zu 8, oder von 12 zu 12 Stunden. Bei leicht reducirbaren und zugleich reichen Erzen füllt sich der Heerd natürlich früher mit Eisen als bei schwer reducirbaren und armen Erzen. Ist das erzeugte Roheisen nicht zu Gußwaaren, sondern zur Stabeisen-Fabrikation bestimmt, so gießt man dasselbe zu sogenannten Gänzen, nämlich halbcylindrischen Stücken von einigen Fuß Länge, etwa 6 Z. Breite und 3 Z. Höhe. Eine gewisse Menge solcher Formen werden in den Formsand des Hüttenbodens dicht neben einander abgedrückt, auf die Art, daß ihre langen Seiten mit einander parallel laufen. Rechtwinklig auf letztere und in geringer Entfernung von den zur Aufnahme der Gänze bestimmten Vertiefungen wird eine bis zum Stiche (Zapfloche) gehende Rinne gezogen und durch kurze Seitenkanäle mit jeder der Vertiefungen in Verbindung gesetzt. Beim Oeffnen des Stiches, was vermittelst eines durch Hammerschläge eingetriebenen Spießes geschieht, fließt das Roheisen in die Rinne und vertheilt sich aus dieser in die verschiedenen Vertiefungen für die Gänze. Vermittelst kleiner, in die Rinne gesteckter eiserner Schaufeln bewirkt man, daß das Eisen eine Ganzgrube nach der anderen füllt. Wird der Hohofen nicht auf graues, sondern auf weißes Eisen betrieben, so wendet man häufig gußeiserne Formen für die Gänze an, die dann eine parallelepipedische, meist plattenförmige Gestalt haben. Während des Ausschlagens wird das Gebläse abgestellt. Sobald alles flüssige Roheisen den Heerd verlassen hat, dringt die Schlacke durch das Stichloch, und sogleich wirft ein Arbeiter einige Schaufeln Sand in die Rinne, um der Schlacke dadurch einen Seitenweg anzuweisen. Während die Schlacke abfließt, pflegt man das Gebläse wieder einige Minuten in Gang zu setzen, theils um durch den Druck des Windes das Ausfließen der Schlacke zu befördern, theils um die Temperatur nicht so weit sinken zu lassen, daß dadurch eine theilweise Erstarrung der Schlacke bewirkt werden könnte. Ist der Heerd endlich leer, so beginnt die Reinigung desselben von allen angesetzten, erhärteten Massen; das Stichloch wird wieder mit Hülfe eines Thonpfropfes verschlossen, das Brennmaterial im Heerde wird möglichst nach vorn gezogen, mit Kohlenklein bedeckt und endlich noch Thon oder Stübbe darüber geworfen, so daß die Oeffnung zwi-

schen Wallstein und Tümpel völlig geschlossen erscheint. Zuletzt wird das Gebläse angelassen, und das Schmelzen nimmt wieder seinen Anfang.

γ) Vorübergehende Einstellung und Ausblasen eines Hohofens.

Vorübergehende Unterbrechungen im Betriebe eines Hohofens — die mit einem zeitweiligen Einstellen des Gebläseluftstromes (Aushängen des Gebläses) in Verbindung stehen — kommen besonders bei längeren Schmelz-Campagnen vor. Sie werden durch nothwendige Reparaturen theils des Ofens selbst, theils des Gebläses, der Betriebsmaschine des Gebläses, der Windleitung u. s. w. veranlaßt.

Auswechselung des Tümpelsteins und

Ein Theil des Ofens, welcher am leichtesten schadhaft zu werden pflegt, ist der Tümpelstein. Derselbe ist mit seiner inneren Seite der unmittelbaren Einwirkung der hohen Temperatur des Gestellraumes ausgesetzt, während seine äußere Seite einer fortwährenden Abkühlung durch die atmosphärische Luft unterliegt. Durch ersteren Umstand vermindert sich seine Dicke nach und nach in Folge von Abschmelzung, und durch letzteren wird er geneigt, Risse zu bekommen, aus welchen endlich die Flamme hervorbricht. Jedoch braucht ein solcher Grad der Zerstörung noch nicht einmal eingetreten zu seyn, um eine Auswechselung des Tümpelsteins rathsam zu machen. Dies ist bereits der Fall, wenn sich durch Abschmelzung des Tümpelsteins das Gestell in dem Maße erweitert hat, daß dadurch die Produktion eines guten (grauen) Roheisens kaum noch zu ermöglichen ist. Es kommt alsdann darauf an, den schadhaften Tümpel in möglichst kurzer Zeit wegzubrechen und durch einen neuen zu ersetzen. Sowohl wie dies in's Werk gesetzt wird, als auch wie man — was seltener vorkommt — einen schadhaft gewordenen Dammstein (Wallstein) durch einen neuen ersetzt, läßt sich nicht ohne ein Detail beschreiben, welches uns hier zu weit führen würde. Ueberdies sind die praktischen Handgriffe, auf welche es hierbei besonders ankommt, auf verschiedenen Hüttenwerken nicht unbedeutend von einander abweichend. Einiges Nähere über diese Operationen findet man in Karsten's Eisenhüttenkunde, 3te Auflage, Bd. 3, S. 232; ferner in Weniger's praktischem Schmelzmeister, S. 113.

des Dammsteins.

Bei Reparaturen der Gebläse-Maschinerie und in einigen anderen Fällen kann eine Betriebs-Unterbrechung von mehreren Tagen bis zu mehreren Wochen nothwendig werden. Will man bei solcher Veranlassung nicht zum wirklichen Ausblasen, oder unter gewissen Umständen sogar zu einem förmlichen Ausräumen des Ofens schreiten, so kommt es darauf an, denselben auf bestmögliche Art zu dämpfen, d. h. sein Inneres auch ohne Gebläseluft längere Zeit hinreichend heiß zu erhalten, um, nach beendeter Reparatur, das Schmelzen sogleich wieder fortsetzen zu können. Man verschließt dabei alle Oeffnungen des Ofens — Gicht, Formöffnungen und Vorheerd — auf geeignete Art. Da sich ein fast gänzliches Abschließen der atmosphärischen

Dämpfen eines Hohofens.

Luft schwer erreichen läßt, so nimmt man von Zeit zu Zeit die eisernen Deckplatten von der Gicht und schüttet den durch langsame Verbrennung entstandenen leeren Raum wieder mit Kohlengichten voll. Je seltener ein solches Nachfüllen nothwendig wird, desto länger kann man den Ofen im gedämpften Zustande erhalten. Tritt dagegen zu viel Luft in den Schacht, und ist man daher zu einem öfteren Nachfüllen genöthigt, so muß man das Wiederanblasen des Ofens möglichst zu beschleunigen suchen, da sonst die im Schachte befindlichen Erzgichten — durch Verminderung des Brennmaterials zwischen ihnen — einander zu nahe rücken, was begreiflicherweise später einen sehr schwierigen Schmelzgang, ja selbst das Erfrieren (Ersticken) des Ofens nach sich ziehen kann. Wird man von dem Unfalle, welcher ein Dämpfen des Ofens nöthig macht, nicht allzu plötzlich überrascht, hat man also noch Zeit zu einigen das Dämpfen erleichternden Vorkehrungen, so ist es in dieser Beziehung besonders wichtig, das Schmelzen zuvor noch 12 — 24 Stunden mit ganz leichten Sätzen (auf eine Kohlengicht ein etwa bis zur Hälfte und nach Befinden noch mehr verminderter Erzsatz) fortzuführen. Hierdurch erhält der Ofen ein solches Uebermaß an Kohlen oder Kohks, daß sich, bei anderweitig nicht unterlassener Vorsicht, leicht ein mehrwöchentliches Dämpfen bewerkstelligen läßt. Jedoch hat dies, aus nahe liegenden Gründen, bei Kohks-Hohöfen stets größere Schwierigkeiten als bei Holzkohlen-Hohöfen. Ein noch länger fortgesetztes Dämpfen wird ermöglicht, wenn man zuvor den Ofen, anstatt mit leichten Sätzen, bloß mit Kohlen oder Kohks anfüllt. Die durch ein solches Verfahren verursachten Kosten sind in der Regel immer noch bedeutend geringer als die, welche durch ein förmliches Ausblasen und Wiederanblasen herbeigeführt werden.

Ausblasen eines Hohofens.

Das Ausblasen eines Hohofens wird unumgänglich nothwendig, sobald der Ofen sich in einem so schadhaften Zustande befindet, daß die betreffenden Reparaturen ein Leeren und Erkalten desselben bedingen. Man bläst alsdann, ohne wieder neue Gichten aufzugeben, die ganze Schmelzsäule allmälig nieder, setzt darauf das Gebläse in Stillstand und läßt den Ofen langsam erkalten. Beim Einrücken der letzten Gichten, welches — da der Druck einer darauf lastenden Schmelzsäule mangelt — stets nur langsam geschieht, bildet sich, wegen der schon sehr gesunkenen Ofentemperatur, ein mehr oder weniger kohlenstoffarmes weißes Eisen, welches sich in einem halbgefrischten Zustande auf dem Heerdboden anzusetzen pflegt. Dasselbe wird, nachdem der letzte Abstich vorüber und das Gebläse eingestellt ist, als sogenannte Eisensau aus dem Ofen gebrochen.

Dauer einer Schmelz-Campagne.

Die Zeitdauer einer Schmelz-Campagne ist — abgesehen von zufälligen Umständen, die darauf influiren können — hauptsächlich abhängig von der Feuerfestigkeit der Gestellmaterialien und der im Gestell herrschenden Temperatur. Bei vielen Hohöfen dauert eine solche Campagne 1 — 2 Jahre, bei anderen erreicht sie mehr als das Doppelte. Der langen Schmelz-Campagnen der Belgischen Hohöfen wurde bereits oben gedacht; ingleichen eines Falles,

in welchem sich in einem Harzer Eisenhohofen allmälig ein Gestell aus Frischeisen gebildet und dadurch eine ausnahmsweise lange Campagne bewirkt worden war. Eck *) giebt uns Nachricht von einer fast sechsjährigen Hüttenreise (Schmelz-Campagne) eines Oberschlesischen Kohks-Hohofens; Dietrich **) und Kindinger ***) von einer beinahe eben so langen zweier Steyermärkischen Holzkohlen-Hohöfen, deren einer überdies noch mit 275° C. heißer Gebläseluft betrieben wurde.

b) Leitung des Betriebes nach Merkmalen des Schmelzganges.

Die Betriebsleitung eines Eisenhohofens ist in einigen ihrer Theile wesentlich verschieden, je nachdem es sich dabei um die Darstellung eines grauen Roheisens, weißen Roheisens oder Spiegeleisens handelt. In dem Folgenden wird jeder dieser drei Fälle einer besonderen Betrachtung unterworfen werden.

α) Betriebsleitung bei der Darstellung von grauem Roheisen.

Lassen wir zufällige und vorübergehende Umstände, welche merkbare störende Einflüsse auf den Schmelzgang eines Hohofens äußern, einstweilen unberücksichtigt, und nehmen wir an, daß dem Ofen eine zweckdienliche Menge Gebläseluft von passender Pressung und Temperatur zugeführt wird, so ist — bei richtiger Ofenconstruktion, gutartiger Beschickung und gutem Brennmaterial — die Qualität des producirten Roheisens hauptsächlich von dem Quantitäts-Verhältniß zwischen Erz und Brennmaterial abhängig. Je nachdem das Brennmaterial in mehr oder weniger reichlicher relativer Menge vorhanden ist, können unter solchen Umständen drei wesentlich verschiedene Arten des Schmelzganges eintreten, welche man durch die Benennungen: übergaarer Gang, Gaargang und Rohgang unterscheidet. Die richtige Erkennung derselben aus gewissen, hier näher anzugebenden Merkmalen ist Sache des betreffenden Betriebs-Officianten (Hütten- oder Hohofenmeisters).

Die 3 Hauptarten des Schmelzganges.

Der Gaargang, welcher bei einem richtigen Quantitäts-Verhältniß zwischen Erz, Zuschlag und Brennmaterial stattfindet, ist durch folgende Merkmale charakterisirt.

Merkmale des Gaarganges.

1) Die Formen sind frei von erstarrter Schlacke — der sogenannten Nase —, und erscheinen beim Hineinblicken so hell und weißglänzend, daß man eine kurze Zeit nichts im Ofen zu unterscheiden vermag. Hat sich nach einiger Zeit das Auge an diese Helligkeit gewöhnt, und man gewahrt die Oberfläche der flüssigen Schlacke, so erscheint diese nur von dem einströmenden Winde und den hineinfallenden Roheisentropfen, nicht aber durch ein eigenthümliches Kochen — eine Gasentwicklung — bewegt, wie solches den Roh-

*) Karst. Archiv, Bd. 21, S. 504. — Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 6, S. 307.
**) Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 6, S. 129.
***) Ebendaselbst Bd. 8, S. 453.

gang (wovon später) anzeigt. Auch glühende Kohlen, welche auf der Schlacke schwimmen, lassen an ihrer Berührungsfläche mit letzterer keine Entwicklung von Gasblasen wahrnehmen.

2) Die Schlacke, wie sie aus dem Heerde fließt, hat die Consistenz eines ziemlich dünnflüssigen Glases; sie ist nicht frisch, d. h. sehr dünnflüssig, kaum oder nicht in Fäden auszuziehen und schnell erstarrend, sondern mehr oder weniger saiger, d. h. etwas zähflüssig, zu langen und dünnen (nicht knotigen) Fäden ausziehbar und langsam erstarrend. Ihre Farbe deutet auf keinen bedeutenden Eisengehalt hin, ist also — wenigstens in dünnen Bruchstücken oder Fäden — stets eine sehr lichte. Ob übrigens die Schlacke, besonders in größeren Massen, bläulich, grünlich, graulich oder gelblich aussieht, darauf kommt wenig an, indem dies von unwesentlichen Umständen in der Beschaffenheit der Erze, Zuschläge und des Brennmateriales abhängig ist.

3) Die Tümpelflamme, d. h. die zwischen dem gefüllten Heerde und dem Tümpel hervorspielende Flamme, ist weder groß, noch heftig hervordringend, noch — wenigstens nicht beträchtlich — rauchend, und setzt oberhalb an der Brust einen dünnen weißen Beschlag ab (s. übergaarer Gang). Ihre Farbe ähnelt der der Gichtflamme.

4) Die Gichtflamme hat die Farbe von brennendem Alkohol (Spiritus). Sie ist nämlich größtentheils blau, oben mit etwas Rothgelb und Gelbroth, zuweilen auch Weiß gemischt. Hinsichtlich des Rauches und Beschlages verhält sie sich ähnlich wie die Tümpelflamme. Sie wallt mit einer gewissen Lebendigkeit und Fülle aus der Gicht empor.

5) Der Gichtenwechsel oder, mit anderen Worten, das Aufgeben findet vollkommen regelmäßig statt; die Schmelzsäule sinkt in gleichen Zeiten um gleiche Höhen unter die Gicht nieder, und zwar stets mit annähernd horizontaler Oberfläche.

6) Die Beschaffenheit des producirten Roheisens ist die eines normalen grauen. Beim Abstechen entströmt es dem Heerde mit röthlich weißer Farbe, ohne Funkensprühen und erstarrt, zu einer kleinen Probe ausgegossen, mit ziemlich horizontaler Oberfläche.

Merkmale des übergaaren Ganges.

Der übergaare Gang entsteht durch eine zu reichliche Menge des Brennmaterials im Verhältniß zur Beschickung, und giebt sich durch folgende Merkmale zu erkennen.

1) Die Formen erscheinen — durch die außerordentlich hohe Temperatur, welche in Folge des Brennmaterial-Uebermaßes im Gestell herrscht — noch blendender und weißer als beim Gaargange. Es dauert daher noch länger als bei letzterem, bis das Auge beim Hineinblicken etwas zu unterscheiden vermag; jedoch läßt sich ein bestimmtes Zeitmaß dafür nicht angeben, indem Gewöhnung und verschiedene Empfindlichkeit des Auges hierbei von großem

Einflusse sind. Die Oberfläche der flüssigen Schlacke, welche man durch die Form gewahrt, zeigt sich in derselben Weise wie beim Gaargange. Bei starkem und längere Zeit fortgesetztem übergaaren Gange fangen die Formen mitunter zu nasen an. Dieser anscheinend paradoxe Umstand rührt daher, daß die Gestellwände durch die hohe Temperatur angegriffen werden und Stücke derselben von Zeit zu Zeit vor die Form treten.

2) Die aus dem Heerde fließende Schlacke ist zähflüssig und läßt sich zu sehr dünnen wasserhellen, dabei aber nur kurzen Fäden ausziehen. Erkaltet erscheint sie gewöhnlich von sehr lichter, wenigstens keine Spur eines Eisengehaltes verrathender Farbe. Größere erstarrte Schlackenmassen *zeigen sich in* ihrem Inneren zuweilen weiß und undurchsichtig, ähnlich wie das *sogenannte* Réaumur'sche Porcellan. Mitunter ist ihre Oberfläche stellenweise mit einer Graphithaut überzogen und in einzelnen Blasenräumen finden sich größere Partien blättrig krystallinischen Graphites. Diese gesammte Beschaffenheit der Schlacke ist nicht schwer aus den Verhältnissen des übergaaren Ganges zu erklären; sie ist eine unmittelbare Folge des Brennmaterial-Uebermaßes und der dadurch bewirkten sehr hohen Temperatur. Alles Eisen wird unter solchen Umständen aus der Schlacke reducirt, letztere aber theils schon durch diesen Eisenmangel, hauptsächlich aber dadurch zähflüssiger als beim Gaargange, daß der übergaare Gang mit einer schwerschmelzbaren Beschickung in Verbindung zu stehen pflegt. Werden nun überdies noch, bei sehr hoher Temperatur, die Gestell- und vielleicht sogar Rastwände angegriffen, so wird die Zähflüssigkeit der Schlacke dadurch noch vermehrt.

3) Die Tümpelflamme, von ähnlicher Farbe wie die — sogleich zu betrachtende — Gichtflamme, stößt einen weißen Rauch aus, der sich an der Ofenbrust als dicker weißer Beschlag absetzt.

4) Die Gichtflamme zeigt in ihrer Farbe nicht jene Einmengungen von Gelb und Roth, wie beim Gaargange, wogegen eine Einmengung von Weiß mehr oder weniger überhand nimmt, so daß weißblaue bis blauweiße Farbe eintritt. Rauch und Beschlag wie bei der Tümpelflamme.

Anmerkung. Es dürfte hier der geeignete Ort seyn, einige Bemerkungen über die verschiedenen Farben und Beschläge der Gicht- und Tümpelflamme einzuschalten. Die Farbe einer Flamme rührt theils von den in ihr zur Verbrennung gelangenden Gasarten, theils von den in ihr suspendirten glühenden Partikeln fester Stoffe her. An Gasarten verbrennen in der Gicht- und Tümpelflamme hauptsächlich nur Kohlenoxyd, außerdem etwas Wasserstoff, und in der Gichtflamme auch noch eine geringe Menge Kohlenwasserstoff. Das Kohlenoxydgas erzeugt eine blaue, der Wasserstoff eine wenig leuchtende und sehr schwach (gelblich) gefärbte, und der Kohlenwasserstoff eine unten bläuliche, oben gelbliche Flamme. An fein vertheilten festen Stoffen, welche durch den im Hohofenschachte aufwärts steigenden Gasstrom emporgetrieben

Ursache d. verschied. Beschaffenheit d. Tümpel- u. Gichtflamme.

werden, können sich in der Gichtflamme hauptsächlich befinden: 1) Staub von den Kohlen, den Erzen und Zuschlägen (namentlich Kalk); 2) Holzkohlen- oder Kohksasche; 3) Kieselerde, von reducirtem und wiederverbranntem Silicium herrührend. Mit welchem Stoffe in chemischer Verbindung das in der Schmelzzone gebildete Silicium sich verflüchtigt, ist noch unausgemacht; doch dürfte, in manchen Fällen wenigstens, das Fluor einen Theil daran haben *). 4) Kohlensaures Kali — das von der Asche der Brennmaterialien herrührende hier außer Betracht gelassen — durch Zersetzung von Cyankalium gebildet (S. 18 u. 19). 5) Zinkoxyd, aus den vielen Eisenerzen beigemengten kleinen Mengen von Zinkblende oder, seltener, von Galmey herrührend; indem sich zuerst Dämpfe von metallischem Zink bilden, die sich allmälig durch Einwirkung der Kohlensäure in staubförmiges Zinkoxyd umwandeln. Kohlen-, Erz- und Kalkstaub und mehr oder weniger auch die Asche der Brennmaterialien bringen röthlichgelbe und gelblichrothe Nüancen der Flamme hervor, während Kieselerde und kohlensaures Kali gelblich weiße, Zinkoxyd aber rein weiße Färbungen bewirken. Endlich ist noch zu berücksichtigen, daß unvollkommen verkohlte Holzkohlen, vielleicht gar mit sogenannten Bränden (rother Holzkohle) gemengt, und unvollständig ausgeglühte Kohks ebenfalls die blaue Flamme des Kohlenoxydgases beeinträchtigen und derselben gelbe und gelbrothe Färbungen einmischen können. Man wird jetzt einsehen, woher die weißliche Farbe und der weiße Beschlag der Gicht- und Tümpelflamme beim übergaaren Gange hauptsächlich rührt. Der hohe Hitzgrad und das große Volum der Schmelzzone, welche diesen Schmelzgang charakterisiren, ziehen eine reichlichere Bildung von Silicium und (Cyan-) Kalium nach sich; und das Zinkoxyd, welches sich sonst größtentheils einige Fuß unter der Gicht — als sogenannter Gichtschwamm — sublimirt, wird in vermehrter Menge über dieselbe hinausgetrieben.

Ferner entwickelt die Gichtflamme beim übergaaren Gange, aus leicht erklärlichen Ursachen, einen merkbar höheren Hitzgrad als beim Gaargange, wie sich dies

*) Neuere, in mehrfacher Hinsicht sehr interessante Untersuchungen von Fremy (Compt. rend. July 5, 1852, und daraus in Philosophic. Mag. August 1852, p. 153) haben gezeigt, daß sich Schwefelsilicium, $\acute{Si}$, bildet, wenn Schwefelkohlenstoffdampf über ein glühendes Gemenge von Kieselerde und Kohle geleitet wird. Dieses bei höherer Temperatur flüchtige Siliciumsulphid zersetzt sich mit Wasserdämpfen zu Schwefelwasserstoffgas und Kieselerde, welche letztere hierbei die nämliche faserige (seidenartige) Beschaffenheit annimmt, welche die in Hohöfen sublimirte Kieselerde zu zeigen pflegt. Da nun die Gegenwart von Schwefelkohlenstoff in den Hohofengasen, nach Ebelmen's Untersuchungen (S. 30), als sehr wahrscheinlich gelten kann, so würde die Bildung der faserigen und staubförmigen Kieselerde in den Eisenhohöfen sich hierdurch genügend erklären lassen.

besonders zu erkennen giebt, wenn man die Gichtflamme zur Erhitzung der Gebläseluft benutzt. Die Temperatur der letzteren nimmt alsdann beim übergaaren Gange nicht unbedeutend zu.

5) Der Gichtenwechsel ist, wenn kein Nasen der Formen stattfindet, regelmäßig, doch gewöhnlich mehr beschleunigt als beim Gaargange.

6) Das Roheisen ist dickflüssig und mit Graphit überladen. Natürlich wird seine Beschaffenheit durch größeren oder geringeren Silicium-, Phosphor- und Schwefelgehalt wesentlich modificirt.

Der Rohgang ist eine Folge eines zu großen Erzsatzes im Verhältniß zur Brennmaterialgicht. Man erkennt denselben an folgenden Merkmalen. Merkmale d. Rohganges.

1) Die Formen sind weit schwächer leuchtend als beim Gaargange, zuweilen nasend. Indem man durch dieselben in den Ofen blickt, gewahrt man, daß sich die Oberfläche der flüssigen Schlacke in einer mehr oder weniger deutlichen kochenden Bewegung befindet. Die geringe Menge des Brennmaterials und der daraus sich ergebende geringere Hitzgrad bewirken nämlich eine unvollkommene Reduktion des Erzes, wodurch letzteres zum Theil als Eisenoxydul-Oxyd in die Schlacke geht; und zwar um so mehr, je leichtflüssiger letztere ist. In Folge ihres Eisenoxydgehaltes wirkt eine solche Schlacke oxydirend auf das Roheisen, indem der Sauerstoff des Eisenoxyds einen Theil des Kohlenstoffs im Roheisen verbrennt. Daher die, jenes Kochen verursachende Gasentwickelung, welche selbst schon bei einem Contakte einer derartigen Schlacke mit glühender Kohle stattfindet. In der Nähe der Formen setzen sich mitunter Massen von einem kohlenstoffarmen, schwerschmelzbaren Eisen — Frischeisen — an.

2) Die aus dem Heerde rinnende Schlacke ist trotz ihres beträchtlichen Eisengehaltes nicht selten dickflüssig; jedenfalls aber erstarrt sie leicht und ist dabei sehr kurz, d. h. sie läßt sich fast gar nicht zu Fäden ausziehen. Die beim Versuche des Fadenziehens am Schlackenhäkchen (kleinen Schlackenspieße) hängenbleibenden Schlackenspitzen zeigen, gegen das Licht gehalten, eine dunkel bouteillengrüne, kolophongelbe bis braune Farbe, während größere Schlackenstücke beinahe schwarz erscheinen. Zugleich pflegt die erstarrte Schlacke durch unaufgelöste Beschickungstheile, Eisenkörner und selbst Kohlenstückchen mechanisch verunreinigt, sowie mit Blasenräumen erfüllt zu seyn und eine mürbe und spröde Beschaffenheit zu besitzen.

3) Die Tümpelflamme setzt wenig oder keinen weißen, dagegen einen ähnlich gefärbten Beschlag wie die Gichtflamme ab. Sind in Folge längeren Rohganges Versetzungen im Ofen eingetreten, so nimmt die Größe der Tümpelflamme zu.

4) Die Gichtflamme ist schwach, bei Versetzungen des Ofens noch schwächer. Ihre Farbe zeigt selten noch eine Einmischung von Weiß, wogegen die gelben und röthlichen Nüancen sehr überhand genommen und die blaue Farbe fast

unterdrückt haben. Dabei stößt sie einen ziemlich starken bläulich grauen Rauch aus, welcher sich als bräunlich grauer bis röthlich brauner Beschlag absetzt. Ihre Temperatur ist geringer als beim Gaargange (S. 160).

5) Der Gichtenwechsel ist langsamer als beim Gaargange; bei eingetretenen Versetzungen des Ofens zugleich mehr oder weniger unregelmäßig.

6) Das Roheisen hat alle Eigenschaften eines kohlenstoffarmen weißen Roheisens. Es fließt mit blendend weißer Farbe und Funkensprühen aus dem Heerde, erkaltet aber schnell und verändert dadurch sehr bald jene Farbe in eine röthlich gelbe und rothe.

Die verschiedene Beschaffenheit, welche die verschiedenen Arten des Roheisens sowohl in ihrem flüssigen Zustande als beim Erstarren wahrnehmen lassen, kann zur Unterscheidung derselben und dadurch zur Erkennung des Ofenganges dienen. Schott*) hat diesem Gegenstande eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Obwohl sich die von ihm in dieser Beziehung aufgestellten Charaktere zunächst nur auf lokale Verhältnisse beziehen, so dürften doch einige derselben allgemeinere Gültigkeit besitzen. Jedenfalls aber sind den Eisenhüttenleuten dadurch Winke gegeben, wie sich die ungefähre Beschaffenheit des Roheisens dem aufmerksamen Beobachter durch eine leichte und schnelle Probe zu erkennen giebt.

Die oben geschilderten, nach gewissen Merkmalen charakterisirten drei Hauptarten des Schmelzganges wurden, zur leichteren Unterscheidung, in möglichst extremer Gestalt dargestellt. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß Fälle vorkommen können, in welchen sich die Art des Schmelzganges weniger entschieden ausspricht, und in welchen die Diagnose nur dem geübten Blicke des erfahrenen Praktikers gelingt. Nicht selten kommt ein Schmelzgang vor, welcher ungefähr in der Mitte zwischen Gaargang und Rohgang steht, oder vielmehr, bei welchem abwechselnd Gaar- und Rohgang stattfinden. Man nennt

Halbirt. Gang. denselben halbirten Gang, weil sogenanntes halbirtes Roheisen dabei erzeugt zu werden pflegt.

Wie man die gedachten abnormen Arten des Schmelzganges in den normalen Gaargang umwandeln kann, ergiebt sich unmittelbar aus den angegebenen Ursachen derselben. Beim übergaaren Gange braucht man nur den Erzsatz zu erhöhen — stärker zu setzen —, und beim Rohgang den Erzsatz zu vermindern — schwächer zu setzen.

Complicirtere Arten d. abnormen Schmelzganges. Die Ursachen des abnormen Schmelzganges sind in den meisten Fällen nicht so einfach, wie sie hier, der Deutlichkeit wegen, angenommen wurden. Um dies einzusehen, braucht man nur zu erwägen, daß bei einem Hohofenbetriebe mit unrichtigem relativen Brennmaterial-Quantum möglicherweise

*) Ueber das Verhalten des Roheisens nach seiner verschiedenen Beschaffenheit im flüssigen Zustande und nach dem Erstarren. Brgwrksfrnd. Bd. 6, S. 241.

noch mancherlei andere abnorme Umstände mitwirken und dadurch complicirte Verhältnisse hervorrufen können.

Bei dem übergaaren Gange können sämmtliche Umstände mitwirkend seyn, welche früher (S. 42) als »Ursachen der Temperatur-Erhöhung« angeführt wurden; und die Hervorbringung des Rohganges kann von allen denjenigen Umständen begünstigt werden, welche wir als »Ursachen der Temperatur-Erniedrigung« kennen gelernt haben (S. 42). Auch kann es vorkommen, daß in einem Hohofen »Ursachen der Temperatur-Erhöhung und der Temperatur-Erniedrigung zugleich« wirksam sind, und daß sich als das Resultat ihrer Wirkung entweder ein übergaarer oder ein roher Gang herausstellt. Folglich giebt es eine große Anzahl von Combinationen, welche diese beiden Arten des Schmelzganges hervorzurufen vermögen; und sogar ein anscheinender Gaargang kann das Resultat solcher Combinationen seyn. Bei jedem, sich in irgend anderer Weise abnorm zeigenden Ofengange wird daher der Scharfsinn des Betriebs-Officianten auf die Probe gestellt; indem es gilt, aus allen sich darbietenden Merkmalen eine richtige Diagnose des kranken Hohofens abzuleiten. Sämmtliche hierbei möglichen Fälle näher durchzugehen, würde uns in ein zu weitläufiges Detail verwickeln; doch mögen wenigstens einige der wichtigeren hier Erwähnung finden.

Erster Fall. Zu großes relatives Brennmaterial-Quantum mit zu stark gepreßter und (oder) zu heißer Gebläseluft in Verbindung, erzeugen einen übergaaren und zugleich heißgaaren Gang (S. 59), welcher die Merkmale des übergaaren Ganges in ihrer extremsten Gestalt an sich trägt. Ein solcher Schmelzgang dürfte jedoch bei einem nur einigermaßen auf Brennmaterial-Ersparung gerichteten Betriebe wohl kaum vorkommen. Uebergaarer u. heißgaar. Gang

Zweiter Fall. Knappes relatives Brennmaterial-Quantum, bei sehr stark gepreßter und (oder) sehr heißer Gebläseluft, verursacht den heißgaaren Gang (S. 59). Das hierbei producirte Roheisen ist weniger graphitreich oder doch weniger kohlenstoffhaltig als das übergaare, dabei aber reicher an verunreinigenden Nebenbestandtheilen. Gicht- und Tümpelflamme zeigen die Charaktere des übergaaren Ganges, doch in weniger hohem Grade als im vorigen Falle. Der Schlacke fehlt die Graphit-Einmengung; sie kann sogar mehr oder weniger eisenhaltig seyn. Heißgaarer Gang.

Dritter Fall. Enger und hoher Ofen — besonders enges und hohes Gestell — vielleicht in Verbindung mit noch anderen Ursachen der Temperatur-Erhöhung, können, selbst bei richtiger relativer Brennmaterial- und Windmenge, einen heißgaaren Gang hervorrufen. Dieser Schmelzgang geht aber, nachdem sich das Gestell durch Ausschmelzung erweitert hat, allmälig in einen mehr oder weniger gaaren über.

Vierter Fall. Großes relatives Brennmaterial-Quantum bei sehr geringer Windcapacität ruft den kaltgaaren Gang (S. 59) hervor. Kaltgaarer Gang.

Fünfter Fall. Leichtschmelzbare und sehr unreine Beschickung nebst großer Capacität der Gebläseluft erzeugen den heißen (heißgaaren) Rohgang (S. 56). Gicht- und Tümpelflamme können hierbei, wenn das relative Brennmaterial-Quantum reichlich oder doch genügend ist, auf übergaaren oder gaaren Gang hindeuten, während weißes Roheisen producirt wird und die Schlacke dünnflüssig ausfällt.

Heiß. Rohgang.

Sechster Fall. Sehr reiche Beschickung mit leichtflüssigem, aber der Menge nach zu geringem Zuschlage, also überhaupt zu geringem Schlackenmaterial, verursachen, selbst bei übrigens normalen Verhältnissen, einen Rohgang, der unter dem Namen trockner Gang bekannt ist. Auch zu schwer und zu leicht schmelzbare Schlacke können einen ähnlichen Ofengang herbeiführen. Es fehlt an dem nöthigen Schlackenschutze, das Roheisen wird daher dem Winde zu sehr ausgesetzt und erhält dadurch eine mehr oder weniger hervorstechende Tendenz zum Weißwerden. Gicht- und Tümpelflamme pflegen dabei auf keinen fehlerhaften Gang hinzudeuten, die Schlacke aber zeigt sich beträchtlich eisenhaltig. Treten zugleich Ursachen der Temperatur-Erniedrigung hinzu, so stellt sich ein sehr entschiedener Rohgang ein.

Trockner Gang.

Siebenter Fall. Verstopfungen im Ofenschachte, also erschwertes oder gehemmtes Ausströmen der Ofengase, haben stets einen Rohgang zur Folge, der durch schwache Gicht- und starke Tümpelflamme, sowie durch verzögerten oder unregelmäßigen Gichtenwechsel, nicht selten auch durch sogenanntes Kippen der Gichten, charakterisirt ist. Derartige Verstopfungen können besonders veranlaßt werden: 1) durch angehäuften Gichtschwamm (S. 160), 2) durch zusammengesinterte Massen, welche sich im Rastraume festgesetzt haben, 3) durch Frischeisen, welches sich im Gestell angesetzt hat (S. 161), 4) durch Schadhaftwerden der Ofenwände und daraus entstehendes Loslösen und Niedergehen von Mauerwerk, 5) durch zu dicht liegende Beschickung, 6) durch zu mürbes, leicht zerdrückbares Brennmaterial.

Verschiedene andere Arten von Rohgang.

Achter Fall. Feuchtes, schlecht verkohltes oder zu grobes Brennmaterial haben ebenfalls leicht Rohgang zur Folge; und zwar ersteres wegen dadurch bewirkter Abkühlung des Ofens. Das schlecht verkohlte Brennmaterial wirkt nicht allein abkühlend, sondern nimmt zugleich während seines Niedergehens beträchtlich an Volum ab, wodurch ein Kippen der Gichten (Niederrücken der Gichten mit schiefer oder gekrümmter Oberfläche) entstehen kann. Zu große Kohlen- oder Kohksstücke veranlassen das sogenannte Voranrollen der Beschickung, nämlich ein Durchfallen der kleineren Erz- und Zuschlagstücke durch die zunächst liegenden Brennmaterialschichten. Dadurch erfolgt eine unregelmäßige Vertheilung der Beschickung und überhaupt eine unregelmäßige Anordnung der ganzen Schmelzsäule, welches zunächst einen halbirten Gang zu veranlassen pflegt, der aber leicht in wirklichen Rohgang übergeht. Nach und nach herbeigeführte Unordnungen in der Schmelzsäule kommen viel häufiger

vor, als man gewöhnlich glaubt. Sie ganz zu vermeiden, ist fast unmöglich; doch gleichen sie sich oft von selbst wieder aus. v. Bünau*) hat einige interessante Versuche über das Voranrollen des Erzes im Hohofen mitgetheilt.

Neunter Fall. Mancherlei Nachlässigkeiten, welche sich die Arbeiter zu Schulden kommen lassen und die sie zu verheimlichen suchen, sind nur zu oft die Ursachen eines mitunter scheinbar unerklärlichen Rohganges. So z. B. kommt es vor, daß der Aufgeber — der die Erz- und Brennmaterial-Gichten aufgebende Arbeiter — während der Nacht das regelmäßige Aufgeben verabsäumt. Der Ofen geht dann um mehrere Gichten nieder und kühlt sich dabei verhältnißmäßig ab. Ferner wird es zuweilen versäumt, mit der richtigen Temperatur und Pressung zu blasen, auch wird die periodenweise vorzunehmende Reinigung des Gestells nicht mit gehöriger Sorgfalt ausgeführt, das Nasen der Formen nicht zeitig genug beobachtet und zu verhindern gesucht u. s. w. Ist durch irgend einen solchen Umstand Rohgang eingetreten, so suchen sich die Arbeiter wohl noch gar durch Mittel zu helfen, die gerade das Entgegengesetzte von dem bewirken, was damit beabsichtigt wird.

Sind die Ursachen eines abnormen Ofenganges richtig erkannt, so ergeben sich daraus die zu seiner Abhülfe nöthigen Mittel von selbst. Ein Rohgang, bei welchem sich bereits Frischeisen erzeugt und im Gestell angesetzt hat, ist natürlich nicht durch verstärkten Wind zu beseitigen; derselbe würde dadurch nur verschlimmert werden. Ueberhaupt ist es gefährlich, irgend eine Art Ofenverstopfung durch dieses Mittel heben zu wollen. Wohl aber kann eine stärkere Erhitzung der Gebläseluft in solchen Fällen — nachdem man das etwa gebildete Frischeisen beseitigt hat — von sehr guter Wirkung seyn. Eine radikale Beseitigung des Rohganges läßt sich meist nur durch zweckmäßig veränderte Beschickungs-Verhältnisse herbeiführen. Da die Wirkung derselben auf den Schmelzgang aber erst 12—24 Stunden nach ihrer ersten Anwendung einzutreten pflegt, so muß man sich bis dahin, wenn es nöthig ist, durch mechanische Reinigung des Gestells, stärker erhitzte Gebläseluft u. s. w. zu helfen suchen. Ein in manchen Fällen nützliches Mittel, um das Nasen — wenigstens für eine Zeit lang — zu beseitigen, besteht darin, daß man etwas Kochsalz durch die Form in den Ofen wirft. Um zu finden, ob vielleicht eine Ueberhandnahme von Gichtschwamm Schuld an Abnormitäten des Schmelzganges sey, läßt man den Ofen um einige (etwa 3—4) Gichten niedergehen, da sich der Gichtschwamm ziemlich tief unter der Gichtoberfläche anzusetzen pflegt. Derselbe wird, unter einstweiliger Abstellung des Gebläses, mit passen- Abhülfe d. abnormen Ofenganges.

*) Ueber das Voranrollen des Erzes im Hohofen. Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 1, S. 556.

dem Gezähe abgeschlagen, wobei man sich vor Beschädigung des Mauerwerks zu hüten hat.

β. Betriebs-Leitung bei der Darstellung von weißem Roheisen und Spiegeleisen.

Nur das weiße Roheisen von gaarem Gange (S. 55) ist Gegenstand absichtlicher Darstellung, während das weiße Roheisen von rohem und das von heißgaarem Gange (S. 56) theils die Folge unreiner Erze, theils eines unrichtigen Betriebes sind. Es kann sich hier daher hauptsächlich bloß um die Darstellung jenes normalen weißen Roheisens handeln. Von den Principien, auf denen dieselbe beruht, ist in dem Vorhergehenden schon mehrfach die Rede gewesen. Man sehe hierüber besonders die Abschnitte: »Von den Ursachen der verschiedenen Temperatur und räumlichen Ausdehnung gleichnamiger Ofenzonen«, ferner »Von der Erzeugung der verschiedenen Arten des Roheisens« sowie »Construktion der Eisenhohöfen« und »Zweckmäßige Art und Menge des Brennmaterials.« Eine theilweise, kurze Wiederholung einiger der betreffenden Hauptpunkte wird dazu dienen, uns den auf weißes Roheisen gerichteten Hohofenbetrieb um so verständlicher zu machen, und die Art seiner praktischen Leitung dadurch zu motiviren.

Bedingung. zur Darstellung des weiß. Roheis. Das gaare weiße Roheisen (weiße Roheisen von gaarem Gange), wie es sich vorzugsweise zur Stabeisenfabrikation eignet, kann nur aus leichter reducirbaren und leichter schmelzbaren, von schädlichen Bestandtheilen (Phosphor, Schwefel) ziemlich freien Erzen erzeugt werden, und erfordert zu seiner Darstellung — nächst einem weder durch jene Stoffe erheblich verunreinigten, noch zu schwer verbrennlichen Brennmaterial — eine Schmelzzone von geringem Volum und niederer Temperatur bei hinlänglich großer Kohlungszone (S. 49).

Die beiden letzteren Bedingungen sucht man vorzüglich durch eine besondere Ofenconstruktion und durch ein — im Verhältniß zum Brennmaterial-Verbrauch beim grauen Roheisen — geringeres relatives Brennmaterial-Quantum zu erfüllen. Man versieht die zur Produktion von weißem Roheisen bestimmten Hohöfen mit niedrigen und weiten Gestellen, und giebt denselben, zur Beschleunigung des Schmelzganges, mehr oder weniger steile Rasten. Das Brennmaterial-Quantum reducirt man auf ein solches Minimum, bei welchem noch nicht leicht ein wirklicher Rohgang zu befürchten ist. Ferner bedient man sich beim weißen Roheisen im Allgemeinen einer Gebläseluft von geringerer Capacität als beim grauen. Unbedingt nothwendig ist dies jedoch nicht, sondern es läßt sich unter gewissen Verhältnissen, wie namentlich mehrere Belgische Kohks-Hohöfen beweisen, auch bei stärkerer Wind-Capacität und verhältnißmäßig vermindertem relativen Kohks-Zusatz, ein gutes weißes Roheisen (fonte d'affinage) erzeugen. Als Beispiel kann uns hier ein Belgischer Hohofen von Seraing dienen, bei welchem folgende Verhältnisse stattfinden.

	Fonte de moulage (Graues Roheisen).	Fonte d'affinage (Weißes Roheisen).
Relativer Kohksverbrauch .	2,2—2,5	1,4—1,6
Eisengehalt der Beschickung .	34 Proc.	38—40 Proc.
Düsendurchmesser (2 Düsen) .	$2^3/_4$ Z.	$3^1/_2$ Z.
Windpressung	$4^1/_2$ Z. Quecks.	5 Z. Quecks.
Windtemperatur	kalt.	70° C.

Auf anderen Belgischen Werken, wie z. B. Ougrée, wird dagegen die Produktion von grauem und weißem Roheisen hauptsächlich nur durch verschiedenen relativen Kohks-Zusatz bewirkt. Doch ist hinzuzufügen, daß man in Belgien das graue Roheisen vorzugsweise nur während der ersten Periode einer Schmelz-Campagne darzustellen pflegt (während welcher sich das Gestell durch Ausschmelzen noch nicht erweitert hat), daß aber die betreffenden dortigen Hohöfen, selbst bei jenem engeren Gestell, für die Produktion von grauem Roheisen nicht als vortheilhaft zugestellt betrachtet werden können.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß von der Gewinnung eines zur Stabeisenfabrikation möglichst geeigneten, gaaren weißen Roheisens nur dann die Rede seyn kann, sobald die dazu erforderlichen leichtflüssigen und reinen Erze vorhanden sind. Am passendsten in dieser Hinsicht sind Sphärosiderite und Brauneisensteine. Allein so manches weiße Roheisen wird aus weniger leichtflüssigen und namentlich unreineren Erzen erzeugt und zum Frischen verwendet. Ein solcher Nothbehelf rächt sich dann aber stets durch geringeren ökonomischen Erfolg bei der Stabeisengewinnung.

Abnormer Schmelzgang b. weiß. Roheis.

Ein auf weißes Roheisen gerichteter Schmelzgang kann aus seinem normalen Zustande vorzugsweise nur nach einer Richtung in einen abnormen ausarten: nämlich in einen wirklichen Rohgang, bei welchem ein zu kohlenstoffarmes weißes Roheisen und eisenreiche Schlacke erzeugt wird. Dieser Rohgang kann durch ganz analoge Umstände herbeigeführt werden, wie wir dieselben bei dem auf graues Roheisen gerichteten Ofenbetrieb kennen gelernt haben. Dagegen ist ein derartiges Ausarten des Schmelzganges, daß dabei graues anstatt weißes Roheisen erzeugt wird, nicht leicht möglich; höchstens pflegt eine periodenweise Bildung eines halbirten oder eines sehr licht grauen Roheisens vorzukommen.

Merkmale des gaaren und d. roh. Ganges.

Die Merkmale, an denen man beim weißen Roheisen einen gaaren Gang erkennt, sind großentheils dieselben, wie beim grauen Roheisen. Sie werden hauptsächlich nur durch den niederen Hitzgrad im Ofen, durch das kleine Volum der Schmelzzone und durch das geringere relative Brennmaterial-Quantum modificirt. Dasselbe gilt von der Erkennung des Rohganges bei dem auf weißes Roheisen gerichteten Betriebe. Im Allgemeinen sind Unordnungen im Schmelzgange bei der Produktion des weißen Roheisens nicht allein seltener, sondern auch leichter zu heben, als bei der des grauen. Oft reicht dazu

schon die zeitweise Anwendung einer schwach erwärmten Gebläseluft hin. —

Bedingung. zur Darstellung des Spiegeleisens. Die Principien, auf denen die Darstellung des Spiegeleisens beruht, sind in den oben (S. 51) citirten Abschnitten ebenfalls schon entwickelt worden. Wir wissen bereits, daß diese Eisengattung nur aus den leichtreducirbarsten, leicht schmelzbarsten und reinsten Eisenerzen erzeugt werden kann, nämlich aus Spatheisensteinen (incl. der reineren Sphärosiderite) und Braunerzen (verwitterten Spatheisensteinen); und daß solche Erze am besten mit Holzkohlen in Oefen mit weiten Gestellräumen zu verschmelzen sind.

Abnormer Schmelzgang d. Spiegeleis. Ein Ausarten des normalen (gaaren) Schmelzganges tritt beim Spiegeleisen noch ungewöhnlicher ein, als beim weißen Roheisen, und alsdann ebenfalls nur nach einer Richtung (Rohgang), die aber, wegen der großen Leichtflüssigkeit der Erze, bloß in seltenen Fällen gefährlich werden kann. Dieser leichte Schmelzgang macht es möglich, die Darstellung des Spiegeleisens und der damit verwandten Eisengattungen — was jedenfalls zu Brennmaterial-Ersparung führt — in Hohöfen mit geschlossener Brust (Blauöfen) vorzunehmen, indem hier keine derartigen Ansätze und Versetzungen im Gestell zu befürchten sind, die bei der Darstellung des grauen Roheisens wiederholte und mühsame Reinigungen der unteren Ofenräume nöthig machen.

Merkmale d. abnorm. Ganges. Von den Merkmalen zur Erkennung eines normalen und abnormen Schmelzganges gilt beim Spiegeleisen fast ganz dasselbe, wie beim weißen Roheisen. In einigen Blauöfen ist im Brustgemäuer eine kleine, gewöhnlich durch eine eiserne Platte versetzte Oeffnung, das Spähloch, angebracht, durch welches man sich von der Temperatur des Schmelzraumes überzeugen und danach Maßregeln zu einer etwa nöthigen Veränderung des Schmelzganges treffen kann.

5) Verschiedene neuere Verbesserungen des Roheisen-Schmelzprocesses und darauf bezügliche Vorschläge.

Die Anwendung der erhitzten Gebläseluft bei der Roheisengewinnung ist nicht allein von großen direkten Vortheilen begleitet gewesen, sondern sie hat auch — indem sie zeigte, welchen außerordentlichen Gewinn eine glückliche und gut ausgeführte Idee in einem ausgedehnten Industriezweige zur Folge haben kann — den indirekten Nutzen geleistet, daß sie zu ähnlichen Erfindungen anspornte. In den beiden letzten Decennien hat es daher nicht an Versuchen gefehlt, den Eisenhohofenproceß nach verschiedenen Richtungen hin zu verbessern und noch mehr gewinnbringend zu machen. Wenn auch Manches hiervon nur dazu gedient hat, die Menge der Patente zu vermehren, so ist doch Einiges von entschiedenem Nutzen für die Hohofen-Oekonomie gewesen. Von solchen Verbesserungen und Vorschlägen zu Ver-

besserungen war im ersten Bande dieses Werkes, wie im vorliegenden, bereits mehrfach die Rede. Zur Erleichterung der Uebersicht und zur Hervorhebung des Wichtigsten möge hier eine Zusammenstellung jener neueren — theils wirklich ausgeführten, theils nur in Vorschlag gebrachten — Verbesserungen folgen, soweit dieselben Berücksichtigung zu verdienen scheinen. Zugleich aber wird dasjenige Neue hinzugefügt werden, welches in dem Vorhergehenden noch keine passende Stelle fand.

Erhitzte Gebläseluft.

Erhitzte Gebläseluft. Die bedeutende Brennmaterial-Ersparung und die beträchtliche Vermehrung der absoluten Produktion, welche man durch Anwendung der erhitzten Gebläseluft beim Hohofenprocesse erreichen kann, wurden sowohl durch die Theorie als aus der Erfahrung nachgewiesen (Bd. I., S. 476; Bd. II., S. 140). Ingleichen wurde dargethan, daß der Hitzgrad der Gebläseluft von Einfluß auf die Qualität des Roheisens ist, und daß daher — besonders unter gewissen Umständen — dieser Hitzgrad kein zu hoher seyn darf (S. 141).

Stark gepreßte Gebläseluft.

Stark gepreßte Gebläseluft. Auch von den — der erhitzten Gebläseluft in gewisser Beziehung ähnlichen — Wirkungen eines stark gepreßten Windes wurde bereits mehrfach gehandelt. Man sehe hierüber unter Anderem S. 138.

Große Menge der Gebläseluft.

Große Menge der Gebläseluft. Ueber die Vortheile und Nachtheile der Anwendung großer Windmengen ist das Wesentlichste S. 138 angeführt worden.

Größere Düsen- und Formen-Anzahl.

Vertheilung der Gebläseluft durch eine größere Anzahl von Düsen und Formen. Einem jeden Metallurgen ist der Sefström'sche Gebläseofen bekannt und der hohe Hitzgrad, welcher sich in demselben erreichen läßt. Warum in diesem Ofen, durch Anwendung von von 5 — 6 ringsum vertheilten Windausströmungs-Oeffnungen, eine beträchtlich höhere Temperatur hervorgebracht wird, als unter sonst gleichen Umständen bei Anwendung einer einzigen Düse, ist leicht erklärlich. Die Temperatur im Schmelzraume eines Ofens ist von der Menge der Kohlenpartikel abhängig, welche in diesem Raume (von gegebener Größe) innerhalb einer bestimmten Zeit verbrennen (Bd. I., S. 395). Die comprimirte und mit einer gewissen Geschwindigkeit ausströmende Gebläseluft erhöht die Menge jener verbrennenden Partikel im Vergleich zu einer Verbrennung unter gewöhnlichem Luftzutritt (Bd. I., S. 453 und 460); und zwar geschieht dies zum Theil dadurch, daß die Gebläseluft ihre entzündende Wirkung nicht — wie ein ungepreßter Luftstrom thun würde — auf die Oberfläche der Kohlen beschränkt, sondern diese Wirkung auf eine ringsum jedes Kohlenstück laufende Schicht ausdehnt. Besonders aber wird dieses Eindringen des Windes in die poröse Masse der Kohlen an der vom Winde unmittelbar getroffenen Seite stattfinden (Bd. I., S. 454 und 455); hier wird die brennende

Schicht am stärksten seyn. Von je mehr Seiten her man also die Gebläseluft einströmen läßt, d. h. je mehr Düsen man rings um den Schmelzraum eines Ofens vertheilt, desto größer wird der in demselben erzeugte Hitzgrad. Da nun jede Temperatur-Erhöhung in der Verbrennungs- und Schmelzzone eines Eisenhohofens auch mit einer Raumausdehnung dieser letzteren verbunden ist, und da beides — ganz analog wie bei der stark gepreßten und der erhitzten Gebläseluft (S. 46, 138 und 140) — auf Vermehrung der absoluten Produktion und Brennmaterial-Ersparung hinwirkt, so folgt daraus: daß die Anwendung des Sefström'schen Princips bei den Eisenhohöfen ökonomischen Vortheil gewähren muß. Ein Hohofen, welcher nur mit einer Düse arbeitet, benutzt seine Gebläseluft in der gedachten Beziehung in der That nur wenig vortheilhaft. Zwei einander gegenüberliegende Düsen, wie sie bei der Mehrzahl der Hohöfen gebräuchlich sind, haben schon einen wesentlich besseren Effekt. Bei größeren Hohöfen bedient man sich zuweilen dreier Düsen, von denen eine in der Rückwand und eine in jeder Seitenwand liegt. Ganz besonders wichtig ist eine Vertheilung des Windes bei Hohöfen, deren Betrieb mit Anthracit (Steinkohlen) oder schwer verbrennlichen Kohks geschieht. Die Coltneß-Hohöfen in der Schottischen Grafschaft Lanark (6 an der Zahl), welche mit rohen Steinkohlen betrieben werden, sind jeder mit 5 Formen versehen. Die Anthracit-Hohöfen der Ystalyfera-Hütte bei Swansea haben theils 4, theils 6 Düsen (und Formen), und unter den Schottischen Steinkohlen-Hohöfen giebt es einige mit einer noch größeren Anzahl — bis zu 9 — Düsen (S. 136 und 137)*). Bei leichten Kohlen würde eine solche Vermehrung der Düsenzahl, aus nahe liegenden Gründen, durchaus nicht rathsam seyn. Jedenfalls aber verdient die Anwendung des Sefström'schen Princips auf die Eisenhohöfen eine größere Aufmerksamkeit, als ihr bis jetzt zu Theil geworden seyn dürfte. Auf einige Schwierigkeiten, welche sich hierbei entgegenstellen, wurde bereits S. 136 hingewiesen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß eine extreme Anwendung der Windvertheilung ganz ähnliche nachtheilige Folgen auf die Qualität des Roheisens äußern muß, als dies bei der stark erhitzten und stark gepreßten Gebläseluft der Fall ist (S. 141 und 139).

Geschlossene Formen.

Geschlossene Formen. (S. 147 und 135). Daß man mit Mühe und Kosten Gebläseluft in einen Ofen preßt, um einen beträchtlichen Theil derselben zwischen Düse und Form unbenutzt wieder entweichen zu lassen, kann gewiß nicht zweckmäßig seyn. Allerdings gestattet der offene Raum zwischen Düse und Form den nothwendigen Blick in das Innnere des Ofens, und der entweichende Wind beschützt durch seine abkühlende Wirkung

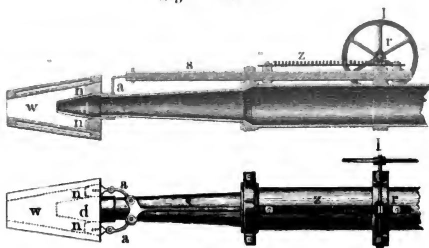
*) Auch in Schlesien soll man neuerlich Versuche mit Hohöfen von größerer Düsenzahl angestellt haben. Näheres wurde mir hierüber nicht bekannt.

die Form vor dem Abschmelzen; allein beides läßt sich auch auf eine weniger kostspielige Weise erreichen. Die nothwendige Abkühlung kann man durch eine Wasserform bewerkstelligen; der Raum zwischen Form und Düse aber kann entweder verkleinert, theilweise oder ganz verschlossen werden. Letzterenfalls ist nur eine Vorrichtung erforderlich, um ihn soweit zu öffnen, als die Beobachtung und gewisse Manipulationen es von Zeit zu Zeit nöthig machen. Sehr empfehlenswerth zu diesem Zwecke ist eine konische Wasserform (Bd. I., S. 451), welche durch eine vorwärts geschobene bewegliche Düse mehr oder weniger scharf geschlossen wird. Beim Zurückziehen der letzteren entsteht jener erforderliche Zwischenraum. Um nicht bei jedesmaliger Beobachtung des Ofeninneren zu einem solchen Zurückziehen genöthigt zu seyn, kann man sich einer Vorrichtung bedienen, wie sie mitunter bei Kupol-Oefen u. s. w. angetroffen wird, nämlich beweglicher Düsen von Knieform, an deren hinterem Knie-Ende — der Düsen-Oeffnung gerade gegenüber — eine kleine Glasscheibe eingesetzt ist. Nur bei Anwendung stark erhitzter Gebläseluft dürfte eine solche Vorrichtung, wegen leichten Zerspringens des Glases, nicht praktisch seyn. — Eine Art des Form-Verschlusses, welche besonders in England gebräuchlich ist, zeigt die folgende Figur. *d* die Düse; *w* die konische

Erste Art des Form-Verschlusses.

Zweite Art des Form-Verschlusses.

Fig. 143 a u. b.



Wasserform; *n*, *n* ein beweglicher eiserner Kranz, welcher den Raum zwischen Düse und Form verschließt. Dieser Kranz steht durch die beiden Arme *a*, *a* mit der Stange *s* in Verbindung. Durch Drehung des Laufrades *l* und des daran befestigten kleinen Stirnrades *r*, welches in die Zahnstange *z* eingreift, kann der Kranz *nn* zurückgezogen und dadurch die Form geöffnet werden. — Je mehr Düsen und Formen an einem Ofen angebracht sind, desto nothwendiger wird natürlich die möglichste Vermeidung des gedachten Windverlustes. Aus diesem Grunde pflegt man vorzugsweise die mit einer größeren Anzahl Düsen betriebenen Hohöfen mit geschlossenen Formen zu versehen (S. 135—137).

Benutzung der Hohofengase als gasförmiges Brennmaterial. Hierauf Bezügliches ist Bd. I., S. 343 und 530, Bd. II.

Benutzung der Hohofengase.

S. 41 und 112 nachzulesen. Auch die neuesten Erfahrungen bestätigen wiederholt, daß sich eine Benutzung jener Gase in dem Maße, wie man anfänglich zu hoffen wagte, nicht ohne wesentlichen Nachtheil für den Gang des Hohofens bewerkstelligen läßt. Eine so große Gasmenge — in etwa 0,3 — 0,33 der Schachthöhe unterhalb der Gicht — aus dem Ofenschachte abzuleiten, wie solche zur Heizung von Puddel- oder Schweißöfen erforderlich ist, hat sich als unthunlich herausgestellt. Folgendes sind die hauptsächlichsten Erfahrungs-Resultate, zu denen man in Betreff der gedachten Benutzung der Hohofengase gelangt ist.

Erfahrungs-Resultate hierbei.

1) Um, bei stattfindender Ableitung von Ofengasen, dem Gange des betreffenden Hohofens nicht wesentlich zu schaden, muß das Niveau der Ableitung möglichst hoch liegen, jedenfalls weniger tief als 0,3 — 0,33 der Schachthöhe unterhalb der Gicht.

2) Je höher dieses Niveau liegt, desto mehr Gase kann man dem Ofen ohne Nachtheil entziehen.

3) Hohöfen, welche — wie z. B. die Schottischen — mit rohen Steinkohlen betrieben werden, sind (weil in ihnen durch allmälige Verkohkung der Steinkohlen große Quantitäten brennbarer Gase von hohem pyrometrischen Wärme-Effekt entwickelt werden) ganz besonders zur Gas-Ableitung geeignet.

4) Die Temperatur, welche sich durch Verbrennung der (wasserdampfhaltigen) Ofengase mittelst kalter Gebläseluft erreichen läßt, übersteigt im günstigsten Falle schwerlich 1200° — 1300° C. Durch Anwendung erhitzter Gebläseluft läßt sich diese Temperatur unter den günstigsten Verhältnissen kaum über 1600° — 1700° C. steigern, ist also immer noch zu niedrig für die in den Schweiß- und Puddelöfen auszuführenden Processe.

Ableitungsart der Hohofengase.

5) Das Auffangen und Ableiten der Gase aus dem Hohofen*) kann auf verschiedene Weise bewerkstelligt werden. a) Dadurch, daß man einen Theil des Gases durch Oeffnungen in den Wänden des Ofenschachtes entweichen, die Gichtöffnung aber wie gewöhnlich offen läßt. Dies ist die älteste, von Faber du Faur angewendete Methode, welche bereits im ersten Bande, S. 530 und 531 näher beschrieben und durch eine Zeichnung, Fig. 119, erläutert wurde. Der Nachtheil dieser ursprünglichen Einrichtung besteht darin, daß die Ableitungs-Oeffnungen zu tief — etwa 0,3 der gesammten Schachthöhe unter der Gicht — liegen, wodurch dem Ofen eine zu beträchtliche Menge nutzbaren Gases entzogen wird. Bringt man diese Oeffnungen aber beträchtlich höher an, so nehmen sie zu wenig Gas in sich auf, indem das meiste Gas aus der Gicht entweicht. — b) Durch Ableitung des Gases auf dieselbe Weise, jedoch mit Anbringung eines eisernen Gichtdeckels, welcher

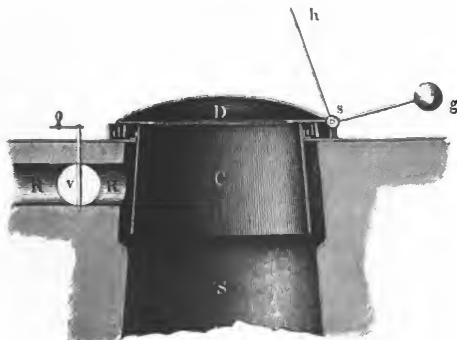
*) Montefiore Levi, die Anwendung der Hohofengase zu nutzbaren Zwecken. Mining Journ. March 9, 1850; Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9., S. 353.

nur während des Aufgebens der Gichten geöffnet wird. Da man hierdurch, nur mit Ausnahme der kurzen Zeiträume des Aufgebens, den Gasen den Ausweg durch die Gicht gänzlich versperren kann, so ist es ausführbar, die Auffangungs-Oeffnungen sehr hoch anzubringen. Auch genügt eine geringere Anzahl derselben als 5 — 6, wie sie Faber du Faur anwendete. Bei einigen Hohöfen hat man, unter Anwendung eines Gichtdeckels, 1 — 2 solcher Oeffnungen als völlig genügend gefunden. — c) Indem man in der Gicht des Hohofens einen (etwa 5 — 7 F. hohen) an beiden Enden offenen Cylinder von Gußeisen oder starkem Eisenblech anbringt, dessen Durchmesser geringer als der der Gichtöffnung ist, so daß ein Theil des Gases zwischen seiner äußeren Wandfläche und der inneren Fläche der Ofenwand emporsteigen und dann durch eine oder mehrere Oeffnungen abgeleitet werden kann. Diese Vorrichtung hat große Aehnlichkeit mit der früher (Bd. I., S. 363, Fig. 80) zur Auffangung von Generator-Gasen beschriebenen; nur ist bei letzterer der eiserne Cylinder (*r*) von verhältnißmäßig größerer Länge. — d) Die eben gedachte Vorrichtung mit einem Gichtdeckel vereinigt, wodurch die Menge des aufgefangenen Gases bedeutend erhöht wird. Jedoch ist bei diesem und dem vorigen Apparate zu bemerken, daß der mehrere Fuß tief in die Beschickungs- und Brennmaterial-Säule des Hohofens hineinragende Cylinder leicht einige Unordnung beim Niedergehen der Gichten veranlaßt. Dies wird durch folgende modificirte Einrichtung vermieden, wie solche bei den 7 Hohöfen des großen Französischen Hüttenwerks Le Creusot angewendet wird.

Französische Vorrichtung zur Auffangung d. Gichtgase.

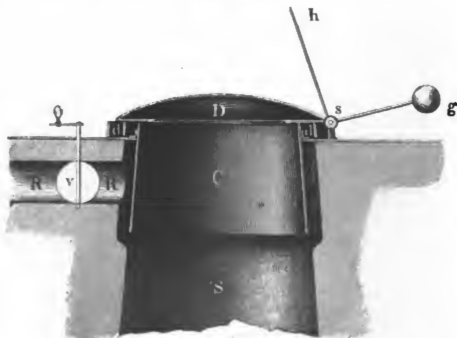
C ein konischer eiserner Cylinder. Die Wandung desselben hat ringsum eine solche Schräge, daß die Wände des Ofenschachtes *S* in der Verlängerung

Fig. 144.



derselben liegen. Das Niedergehen der Gichten findet also mit derselben Regelmäßigkeit statt wie in einem gewöhnlichen Hohofenschacht. *D* der Gicht-

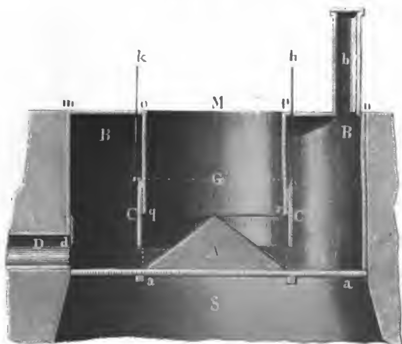
Fig. 144.



deckel, bei *s* in einem Charniere beweglich. Durch den Handgriff *h* kann derselbe aufgeklappt werden, was ein bei *g* angebrachtes Gegengewicht erleichtert. Rings um den Gichtdeckel ist an demselben ein niederwärts gehender Kranz befestigt, welcher in unserer Durchschnitts-Skizze bei *d* und *d* sichtbar ist. Dieser Kranz liegt innerhalb eines ringförmigen Kastens, in welchem sich Wasser oder Sand befindet, wodurch — beim Schließen des Gichtdeckels — eine mehr oder weniger vollkommene Absperrung der Gichtgase entsteht, die dadurch genöthigt werden, ihren Weg durch das Ableitungsrohr *R* zu nehmen. Durch das Scheibenventil *v* und durch den Gichtdeckel selbst hat man die Regulirung der auf solche Weise abgeleiteten Gasmenge in seiner Gewalt. Ein gußeiserner Cylinder ist, wegen seiner beträchtlich größeren Haltbarkeit, einem Cylinder aus Kesselblech vorzuziehen. — e) Durch Anbringung einer geeigneten Vorrichtung oberhalb der Gicht. Eine Gas-Auffangung dieser Art, wie sie auf den Eisenwerken La Voulte und Terrenoire stattfindet, ist in der zuvor citirten Abhandlung Montefiore Levi's abgebildet und beschrieben. Oberhalb der Gicht ist eine Esse angebracht, aus welcher die Gase abgeleitet werden. Diese Vorrichtung hat jedoch das Unbequeme, daß sie das Aufgeben der Gichten, welches durch Thüren geschieht, erschwert, und daß während dieses Aufgebens durchaus keine Gase abgeleitet werden können. Man ist nämlich genöthigt, so lange jene Thüren geöffnet sind, das Gas-Ableitungsrohr zu verschließen, um zu verhindern, daß ein Gemenge von Gichtgasen und atmosphärischer Luft in dasselbe eindringt, was leicht eine Explosion nach sich ziehen könnte. Es scheint daher, daß folgender in England gebräuchliche Apparat, von welchem ein Modell auf der Londoner

Ausstellung zu sehen war, den Vorzug verdiene*). Fig. 145 veranschaulicht die diesem Apparate zu Grunde liegende Idee. Englische Vorrichtung zur Auffangung der Gichtgase.

Fig. 145.



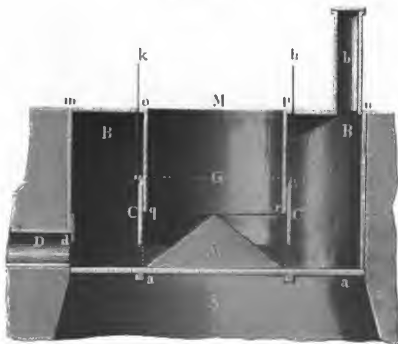
Etwa 5 F. unter der Gichtmündung *M* des Hohofenschachtes *S* ruht auf einem in die Schachtwände greifenden doppelten Tragkreuze *a* der gußeiserne Kegel *A*, dessen Spitze in der Schachtachse liegt, und dessen Rand von den Schachtwänden ringsum gegen 2 F. absteht. Auf dem Tragkreuze *a* ruht außerdem noch der hohle (doppelwandige), nach unten offene, gußeiserne Cylinder *B*, wodurch die Gichtmündung von *mn* auf *op* verengt wird. Der untere Rand *qr* des inneren Theiles vom Cylinder *B* steht ungefähr $1^1/_2$ F. vom Rande des Kegels *A* ab, wodurch rings um den Kegel eine gegen $1^1/_2$ F. hohe Oeffnung entsteht. Diese Oeffnung kann durch die cylindrische Hülse *C* geschlossen oder geöffnet werden, indem diese Hülse an zwei Zugstangen *kh* aufgehängt ist, die am oberen Ende mit einem Hebelwerke verbunden, und durch dieses mit Leichtigkeit aufzuziehen oder niederzulassen sind, wodurch die Hülse *C* mit ihrem unteren Rande entweder bis in den Horizont von *qr* gehoben, oder bis auf den Rand des Kegels *A* niedergelassen werden kann. Gewöhnlich sitzt die Hülse *C* am Rande des Kegels *A* auf, wodurch die gedachte Oeffnung und somit die ganze Gichtmündung geschlossen ist. In diesem Zustande wird der abgeschlossene innere Raum *G*, welcher ein cylindrisches Gefäß mit konisch erhabenem Boden vorstellt, mit der nächsten Kohlengicht gefüllt. Ist nun die Zeit zum Aufgeben der Gichten gekommen, so wird die cylindrische Hülse am Hebelwerke aufgezogen, die Kohlen rollen

---

*) Direktor Tunner in dessen Berg- und hüttenm. Jahrb. Bd. 2, S. 203. Hieraus: Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 11, S. 606.

rings um den Kegel *A* in den Schachtraum nieder, und hierauf wird die Hülse gleich wieder niedergelassen; sofort wird in gleicher Weise die Erzgicht

Fig. 145.



zuerst in das Gefäß *G* gestürzt und aus diesem in den Ofenschacht rollen gelassen. Die Gichtmündung bleibt daher selbst während des Aufgebens kaum ein Paar Secunden theilweise offen und ist die ganze übrige Zeit durch die Hülse *C* und die im Gefäße *G* vorbereitete Gicht geschlossen. Wie hieraus ersichtlich, ist bei dieser Vorrichtung die Gichtmündung gleichsam durch das Gichtengefäß selbst, welches an der Gichtmündung in den Schacht eingebaut ist, abgeschlossen. Daß hierbei die Kohlen in gleicher Weise wie die Erze aufgegichtet werden müssen, mag einen kleinen, für keinen Fall aber sehr wahrnehmbaren Nachtheil haben. Um sich vom jedesmaligen Stande der niedersinkenden Gichtenoberfläche zu überzeugen, danach also genau die Zeit zum Einlassen der neuen Gichtenfüllung ermessen zu können, kann an einer beliebigen Stelle der ringförmigen Gichtplatte *mo* und *np* die Stange für einen gewöhnlichen Gichtenmesser niedergeführt werden. Der Raum des hohlen Cylinders *B* dient zur Ansammlung der ringsum emporsteigenden Gichtgase. Durch den Kanal *D*, welcher zur Regulirung der abziehenden Gasmenge, hauptsächlich aber zum gänzlichen Abschlusse der Gase im Falle einer vorzunehmenden Reinigung der Kanäle mit einem Schieber *d* versehen ist, geschieht das Ableiten der Gichtgase, die mittelst anschließender Röhren sofort zu ihren Verbrauchsorten geführt werden. Außerdem ist der Raum *B* noch mit einer aufgesetzten kleinen Esse *b* verbunden, die am oberen Ende einen Schieber oder eine Klappe hat und die mit Bezugnahme auf die Stellung des Schiebers *d* zur Regulirung der Gasableitung dient. Mit dieser bei jedem Hohofen leicht anzubringenden Vorrichtung ist demnach ohne alle

Beirrung des Aufgebens, und ohne dem Hohofen von den noch wirksamen heißen Gasen etwas zu entziehen, eine vollständige Benutzung der Gichtgase möglich, was durch die Erfahrung auf etlichen Englischen Hohöfen nachgewiesen, daher um so mehr empfehlenswerth erscheint.

6) Eine äußerst vortheilhafte und namentlich in England und Frankreich schon sehr verbreitete Anwendung der abgeleiteten Hohofengase besteht darin, dieselben zur Heitzung von Dampfkesseln zu verbrennen. Nach Montefiore Levi*) wurden im Jahre 1850 auf den Eisenwerken der Ebbw Vale-Compagnie von den hier vorhandenen 25 Dampfkesseln (für 5 Gebläsemaschinen zum Betriebe von 11 Hohöfen) bereits 19 derselben mit Hohofengasen gefeuert, ohne nebenbei irgend ein anderes Brennmaterial zur Aushülfe nöthig zu haben. Eine Beschreibung der näheren Einrichtung der betreffenden Apparate findet man in dem citirten Aufsatze. Palmer Budd**) giebt an, daß die Hohofengase aus den sechs Anthracit-Hohöfen zu Ystalifera (bei Swansea) 3 F. unterhalb der Gicht abgeleitet, zuerst — durch bloße Mittheilung ihrer Wärme — zur Erhitzung der Gebläseluft benutzt und darauf unter den Dampfkesseln verbrannt werden, welche die zum Betriebe der Cylinder-Gebläse dienenden Dampfmaschinen speisen. Anwendung der Gichtgase zur Heitzung von Dampfkesseln.

7) Eine andere wichtige Anwendung der Hohofengase, wie sie zuerst in Schweden und später in Schottland ausgeführt wurde, besteht in der Röstung der Eisensteine mittelst derselben. Ueber die Schwedische Eisenstein-Röstung mit Hohofengasen findet man werthvolle Mittheilungen in Jern-Kontorets Annaler der Jahre 1846—1849***). Wir entlehnen hier Folgendes. Nachfolgende Figur (s. f. S.) zeigt die Construktion eines mit Hohofengasen gefeuerten Eisenerz-Röstofens, wie solcher im Jahre 1848 auf dem Hüttenwerk Tenninge in Stora Kopparbergs Län errichtet worden ist†). Fig. 146, a, senkrechter Durchschnitt des Ofens nach der Linie EF in b; Fig. 146, b, horizontaler Durchschnitt nach AB in a. Damit die innere Einrichtung um so deutlicher hervortrete, ist im Vertikal-Durchschnitte a ein Theil des Gemäuers, oberhalb der Linie cd, weggebrochen gedacht, und zwar so weit, daß die vertikale Schnittfläche hier der Linie GH in b entspricht. Aus demselben Grunde ist im Horizontal-Durchschnitte b ein Theil des horizontalen Schnittes, zwischen tu und vw, höher liegend als der übrige ange- Anwendung der Gichtgase zur Röstung d. Eisensteins.

*) Die Anwendung der Hohofengase zu nutzbaren Zwecken. Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9, S. 353 und S. 369.

**) Verbesserungen an Hohöfen. Brgksfrnd. Bd. 13, S. 517. Ueber den Werth der Gase, welche aus den Hohöfen der Ystalifera-Eisenwerke in Wales entweichen. Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 9, S. 673.

***) Im Auszuge durch Direktor Tunner in dessen Jahrb. Bd. II., S. 203; und daraus in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 11, S. 601.

†) Jern-Kontorets Ann. 1849, Heft 4, S. 201.

nommen, nämlich der Linie CD in a entsprechend. Das Ofengemäuer besteht aus dem Rauchgemäuer R, welches mit mehreren Eisenringen umfangen

Fig. 146, a.

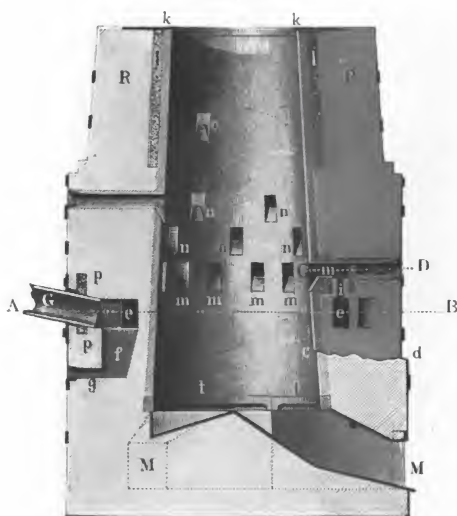
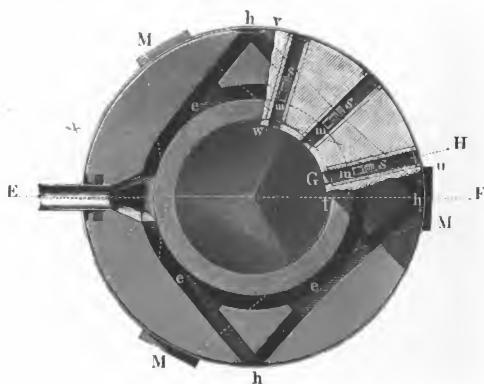


Fig. 146, b.



ist, und dem Kerngemäuer *k*, zwischen welchen beiden im oberen Theile eine Füllung *l* angebracht ist. Der mit Gußeisenplatten belegte Boden des Schachtes bildet nach drei Seiten hin Abdachungen, welche zu den drei Auszugsöffnungen *M* führen. Letztere sind mit gut schließenden Eisenthüren versehen, die ihrerseits wieder — mit Reibern zu verschließende — Löcher von 2 Z. Durchmesser haben, damit der Luftzutritt besser regulirt werden kann. *t* sind gußeiserne Tragstücke (am inneren Rande über jeder Ausziehöffnung eins angebracht), unter einander mit Klammern verbunden und das Kerngemäuer tragend. Die Zuführung der Hohofengase erfolgt durch die 12 Z. weite eiserne Röhre *G*, welche innerhalb des Gemäuers, zum Zwecke des Dichthaltens, mit der Aschenfüllung *p* umgeben ist. Von der Ausmündung dieser Röhre verbreiten sich die Gase, nach theilweiser Absetzung des Flugstaubes in der (mit dem gut zu verschließenden Ausräumungs-Kanale *g* communicirenden) Vertiefung *f*, durch den ringförmigen Kanal *e* um den ganzen Ofen herum. Ein anderer Theil des abgesetzten Flugstaubes wird, alle 8—14 Tage durch die drei mit Thüren versehenen Oeffnungen *h* entfernt. Aus dem Kanal *e* steigen die Gase durch 12 ringsum gleichmäßig vertheilte Füchse *i* in 12 darüber befindliche, nach der Schachtachse gerichtete Kanäle *m*, und aus diesen — da dieselben nach außen hin durch eiserne Thüren luftdicht verschlossen sind — strömen sie in das Innere des Ofens, woselbst sie durch die atmosphärische Luft, welche durch die drei Auszugsöffnungen *M* in den Schacht gelangt, verbrannt werden. Durch einen Ziegelschieber *s* kann die aus jedem Fuchse *i* austretende Gasmenge regulirt werden. Oberhalb der 12 Gaskanäle *m* sind noch zwei Reihen anderer radialer Kanäle *n*, in jeder Reihe 6, angebracht, welche zur Beobachtung des Röstprocesses und zur etwa nöthigen Nachhülfe mittelst einzuführender Brechstangen dienen, und ebenfalls durch eiserne Thüren verschlossen gehalten werden. Zur noch größeren Vorsicht befinden sich höher aufwärts noch einige andere Späh-Oeffnungen *o*, die jedoch selten in Gebrauch kommen und mit Ziegelsteinen versetzt sind. Ist der Röstproceß einmal im regelmäßigen Gange, so ist die Wartung dieses Röstofens einfacher und mit weniger Arbeit verbunden, als bei jedem anderen continuirlich betriebenen Schachtröstofen. Im Beginn der Röstung wird der untere Raum des Schachtes bis zur oberen Kante der Gaskanäle *m* mit bereits gerösteten, weiter hinauf aber mit rohen Erzen gefüllt. Die Dimensionen des Ofens anlangend, so ist die Schachthöhe (von den Trageisen *t* bis zur Gicht) 16 F., der Gichtdurchmesser 5 F., der untere Schachtdurchmesser (bei jenen Trageisen) 7 F. Die Gasausströmungs-Oeffnungen *m* liegen $4^1/_2$ F. über den Trageisen, und jede dieser 12 Oeffnungen ist an ihrer Ausmündung in den Schacht $^1/_2$ F. breit und 1 F. hoch. In 24 Stunden werden in einem solchen Ofen 250 Ctr. dichte Magneteisensteine und Eisenglanz geröstet. In der Regel wird alle $1^1/_2$

Stunden bei jeder der drei Ausziehöffnungen einmal Erz gezogen. Man braucht dabei den Gasschieber, welcher die durch die Röhre G eintretende Gasmenge regulirt, auf einigen Schwedischen Hütten nur etwa $1\frac{1}{2}$ — 2 Z. hoch zu öffnen, so daß in diesen Fällen eine Einströmungs-Oeffnung (in der Form eines Türkischen Halbmondes) von ungefähr 20 Quadr.-Z. hinreichend gewesen ist, um die ganze zum Rösten nothwendige Gasmenge zu liefern. — Auf der Coltneß-Hütte in Schottland *), welche sechs mit rohen Steinkohlen betriebene Hohöfen enthält, werden die Gichtgase nicht allein zur Feuerung der Dampfkessel für die Gebläsemaschinen, sondern auch zum Rösten der Eisenerze und zum Brennen des Zuschlagkalksteins benutzt. Die hier angewendeten Röstöfen, welche zugleich zum Kalkbrennen dienen und eine wesentlich andere Construktion als die eben beschriebenen Schwedischen Oefen besitzen, findet man an den eben citirten Stellen abgebildet und beschrieben.

Anwendung der Gichtgase zum Brennen des Zuschlagkalksteins.

Beim Rösten der Eisenerze durch die Hohofengase verdient es Berücksichtigung, daß letztere mitunter in nicht unbeträchtlichem Grade schwefelhaltig sind, daß also die Erze hierdurch einer Aufnahme von Schwefel ausgesetzt werden. Wo man gleichwohl nur ein schwefelhaltiges Brennmaterial (Steinkohlen, Kohks) zum Erzrösten anwenden kann, ist dies gleichgültig; wo man aber in der Lage ist, die Röstung mit schwefelfreiem Brennmaterial auszuführen, würde die Anwendung der Hohofengase eine entsprechende Verunreinigung der Erze nach sich ziehen. Sowohl für diesen Fall, als überhaupt, erscheint es räthlich, die Gas-Röstung mit der S. 77 beschriebenen Wasserdampf-Röstung zu combiniren, was hinsichtlich der hierzu nöthigen Vorrichtung nicht eben schwierig seyn würde. Die Erzeugung der erforderlichen Menge Wasserdampf würde, bei Anwendung der Gichtgase auch zu dieser Feuerung, so gut wie keine Kosten verursachen.

Vollkommen wahr ist die Aeußerung Direktor Tunner's in dem oben citirten Aufsatze: daß die Benutzung der Hohofengase, von der man anfangs zu viel erwartete, hinterher wieder zu voreilig verworfen worden sey. Wenn sich bei Benutzung dieser Gase zum Raffiniren, Puddeln oder Schweißen des Eisens in der That allenthalben zu große Schwierigkeiten ergaben, so ist daraus noch nicht zu folgern, daß auch ihre Verwendung zu weniger schwierigen Feuerungen — wie zur Heitzung der Lufterhitzungs-Apparate, der Dampfkessel, der Eisenstein-Röstöfen, der Darr- und Trockenöfen für Holz und Torf, der Oefen zum Brennen des Zuschlagkalkes u. s. w. — kein gutes Resultat erwarten lasse. Die Erfindung Faber du Faur's wird daher sicherlich von dem entschiedensten Nutzen für die Eisenhütten-Oekonomie seyn.

*) Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 11, S. 579, aus dem Mining Journal Mai 22, 1852.

Benutzung der Gichtflamme. Da eine direkte Benutzung der Gichtflamme natürlich stets nur in unmittelbarer Nähe der Gicht geschehen kann, so ist dieselbe eine weit beschränktere und im Allgemeinen weniger zweckmäßige, als die vorgedachte Benutzung der Ofengase. Je mehr letztere, wie zu erwarten steht, überhand nehmen wird, desto mehr wird erstere dadurch verdrängt werden. Einiges Nähere über die Anwendung der Gichtflamme zu verschiedenen Zwecken wurde schon im ersten Bande (S. 528 und an einigen anderen dort citirten Stellen) mitgetheilt. Die jetzt noch häufigste Anwendung derselben, wenigstens in Deutschland, besteht in der Heitzung der Lufterhitzungs-Apparate (Bd. I., S. 485). Benutzung der Gichtflamme.

Anwendung halb verkohlter und unverkohlter Brennmaterialien. Die Anwendung der Rothkohle, des gedarrten und des lufttrocknen Holzes wurde schon im ersten Bande, S. 505—514, einer näheren Betrachtung unterworfen, soweit es die auf unserem damaligen Standpunkte erlangte Einsicht in den Hohofenproceß gestattete. Jetzt, nachdem wir diesen Proceß genauer kennen gelernt haben, dürfte noch Folgendes hinzuzufügen seyn. Aus dem früher (loc. cit.) geschilderten Verhalten der genannten Brennmaterialien im Hohofenschachte ergiebt sich zunächst, daß dieselben eine bedeutende Vergrößerung der Vorwärmzone (S. 14 und 43) bewirken, und überhaupt: im ganzen Ofenschachte die Temperatur von oben niederwärts deprimiren. Es werden folglich alle übrigen Ofenzonen (Reduktions-, Kohlungs-, Schmelz- und Verbrennungszone) mehr oder weniger an Volum abnehmen, wodurch, wie die Erfahrung vollkommen bestätigt, sehr leicht Rohgang eintreten kann. Zur Verhinderung dieses Uebelstandes bedient man sich der erhitzten Gebläseluft. Dadurch entsteht eine von unten aufwärts wirkende Temperatur-Erhöhung, welche — unter Mitwirkung jener sich von oben niederwärts verbreitenden Temperatur-Erniedrigung — ein ähnliches Volum-Verhältniß der Ofenzonen hervorbringt, wie es S. 43 und 44 (Fig. 125) der dritte Fall darstellt. Das Anwachsen der Vorwärmzone einerseits, und die — durch die erhitzte Gebläseluft bewirkte — Vergrößerung der Schmelzzone andererseits, beschränken die Reduktions- und Kohlungszone auf ein Minimum. In Folge hiervon kann es geschehen, daß leicht schmelzbare Erze in einem nur theilweise reducirten Zustande von der Schmelzung überrascht und zum Theil in die Schlacke geführt werden. Ist die erhitzte Gebläseluft von keiner hohen Temperatur, so vermag auch sie unter diesen Umständen nicht immer den Rohgang zu verhüten. Jedenfalls ist also die Anwendung der in Rede stehenden Brennmaterialien im Allgemeinen nur bei schwerer schmelzbaren Erzen anzurathen. Ob sie aber hier mit erheblichem ökonomischem Gewinn betrieben werden kann, das ist großentheils von lokalen Verhältnissen abhängig, wie solche Bd. I., S. 513 und 514 näher bezeichnet sind. Stellt sich die gedachte Anwendung in dieser Hinsicht als vortheilhaft Anwendung halb verkohlter und unverkohlt. Brennmaterialien.

heraus, so ergiebt es sich aus nahe liegenden Gründen als zweckmäßig, einen Hohofen mit möglichst hohem Schachte anzuwenden, dessen oberer Theil gewissermaßen als Verkohlungsraum dient. Nur tritt hierbei der Umstand beschränkend in den Weg, daß — wie Ebelmen gezeigt hat — die im Hohofen selbst durch Verkohlung jener Brennmaterialien gebildeten Kohlen eine rissige und leicht zerdrückbare Beschaffenheit zu haben pflegen, welche dieselben keineswegs geeignet macht, eine hohe Beschickungssäule zu tragen. — Ueber die auf einigen Hüttenwerken versuchte theilweise Anwendung des Torfes in Eisenhohöfen ist das Wesentlichste Bd. I., S. 514 angeführt worden.

Gebrannter Kalk anstatt Kalkstein als Zuschlag.

Anwendung gebrannten Kalkes anstatt des Kalksteins, als Zuschlag bei den Hohöfen. Montefiore Levi und Emil Schmidt *) haben dargethan, daß die bisher allgemein gebräuchliche Anwendung ungebrannten Kalksteins als Zuschlag mit einer Verschwendung von Brennmaterial verknüpft ist. Nicht allein, daß die im Hohofenschachte aus dem Kalkstein entweichende Kohlensäure eine bedeutende Wärmemenge latent — und daher für den Hohofenproceß nutzlos — macht, außerdem aber noch zu einer verhältnißmäßigen Abkühlung der übrigen Ofengase beiträgt (indem sie sich mit diesen in ein Temperatur-Gleichgewicht setzt); sondern diese Kohlensäure wirkt auch noch dadurch erheblich nachtheilig, daß sie bei ihrem Aufsteigen durch die glühenden Kohlenschichten zum Theil in Kohlenoxydgas umgewandelt wird. Hierbei besteht die schädliche Wirkung nicht bloß in einer Kohlenstoff-Entführung, sondern zugleich auch in der mit jener Umwandlung verknüpften Temperatur-Erniedrigung (S. 19). Auf diese Weise läßt sich einsehen, welche beträchtliche Brennmaterial-Ersparung durch Anwendung gebrannten Kalkes anstatt des Kalksteins besonders bei denjenigen Hohöfen erfolgen kann, welche, wie die Belgischen, sich eines Kalkstein-Zuschlages bedienen, der sich mitunter auf mehr als 35—40 Procent der Erzbeschickung beläuft. Die von Montefiore Levi und Emil Schmidt auf dem Belgischen Eisenwerke Ougrée in dieser Beziehung erhaltenen Erfahrungs-Resultate sind in Kürze folgende. Nachdem es sich durch einen im Jahre 1849 angestellten Versuch ergeben hatte, daß durch Anwendung des gebrannten Kalkes eine Brennmaterial-Ersparung von ungefähr 10 Proc. erreicht worden war, unternahm man im folgenden Jahre ein zweites Probeschmelzen, bei welchem von drei — übrigens ganz gleich betriebenen — Hohöfen einer mit gebranntem Kalk, die beiden anderen aber mit Kalkstein beschickt wurden. Nach einem, während 6 Monaten fortgesetzten Betriebe dieser Art (über welchen die näheren Angaben in der citirten Abhandlung zu finden sind) stellte es sich heraus, daß der Zuschlag von gebranntem Kalk den Kohksverbrauch für 100

*) Mining Journal, 1851, Januar. — Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-Vereins, Jahrgang IV, Nro. 14, S. 145.

Kilogr. erzeugtes Roheisen um nicht weniger als $14^3/_4$ Kilogr. (von 162 Kilogr. bis auf $147^1/_4$ Kilogr.) vermindert, außerdem aber auch noch eine Vermehrung der absoluten Produktion von 22 — 24 Proc. zur Folge gehabt hatte. Durch dieses überaus günstige Resultat veranlaßt, hat man sich seit jener Zeit zu Ougrée unausgesetzt des gebrannten Kalkes bedient, und zwar bis auf die neueste Zeit mit unverändert gutem Erfolge. Der jährliche ökonomische Gewinn wird von den genannten Autoren zu mehr als 30,000 Fres. für einen Hohofen der gedachten Art*) berechnet, wobei die Kosten für das Kalkbrennen schon in Abzug gebracht worden sind. Nicht weniger ausgezeichnete Resultate hat man auf einigen Eisenhüttenwerken in England und Wales erhalten. Auf der Hütte Abersyne sind dieselben sogar noch günstiger ausgefallen, als zu Ougrée, indem sich eine Kohks-Ersparniß von 12 Kilogr. für jede früher verbrauchte 100 Kilogr. Kalkstein ergeben hat. — Wenn sich auch diese sehr beträchtlichen ökonomischen Vortheile bei Hohöfen, welche mit weit geringeren Kalkzuschlägen als die Belgischen betrieben werden, entsprechend vermindern, so giebt es doch Hüttenwerke genug, welche von dieser Verbesserung des Hohofen-Betriebes wesentliche Vortheile ziehen können.

Richtige Ofenconstruktion. Auf die große Wichtigkeit einer den lokalen Verhältnissen (Beschaffenheit der Erze, des erzeugten Roheisens und des Brennmaterials, Windcapacität u. s. w.) angepaßten Ofenconstruktion ist man in neuerer Zeit mehr und mehr aufmerksam geworden. Wenn sich für einen solchen Zweck auch keine allgemein gültigen Regeln aufstellen lassen und Vieles in dieser Beziehung der Beobachtung und dem Urtheil der Betriebs-Officianten anheimgestellt bleibt, so giebt es doch auch hier gewisse Principien, von denen man ausgehen muß, um zu einem gewünschten Ziele zu gelangen. Was die theoretische Betrachtung im Verein mit der praktischen Erfahrung an solchen Principien herausstellt, findet man der Hauptsache nach in dem Abschnitte Construktion der Eisenhohöfen (S. 80) angegeben. Ferner sehe man hierüber S. 126. Auch ein Aufsatz von Völckner**) liefert ein interessantes Beispiel, welchen bedeutenden Einfluß die innere Ofenconstruktion — hier allerdings zugleich vereint mit anderen Umständen — auf die Betriebs-Resultate eines Hohofens auszuüben vermag. Richtige Ofenconstruktion.

*) Ein solcher Ofen ist etwa 50 F. hoch, und es wurden früher zu seiner Beschickung während 24 Stunden 20,000 Kilogr. Kalkstein als Zuschlag verbraucht, welche man jetzt durch 63 Proc., also durch 12,600 Kilogr. gebrannten Kalk ersetzt.

**) Zustand des Hohofen-Betriebes der Alexandrof'schen Stückgießerei, im Verlaufe der Jahre 1843 und 1844; vom Kaiserl. Russ. Stabscapitain Völckner. Aus dem Russ. Berg-Journal (1845, Heft 1, S. 58) in Berg- und hüttenm. Ztg., Bd. 11, S. 561.

Anwendung v. Wasserdämpfen.

Anwendung von Wasserdämpfen zur Darstellung eines möglichst schwefelfreien Roheisens. Die Anwendung der Wasserdämpfe bei der Erzröstung, ein vortreffliches Mittel zur Entschwefelung des Eisensteins, wurde S. 77 beschrieben und der hierbei in Rußland gebräuchliche v. Nordenskjöld'sche Röstofen durch eine Zeichnung, Fig. 130, erläutert. Wie schon erwähnt (S. 180), dürfte es nicht schwierig seyn, die Schwedische Erzröstung mittelst der Gichtgase mit dieser Dampfröstung zu combiniren. — Von der vortheilhaften Wirkung einer beschränkten Menge Wasserdampf im Hohofen war S. 30 und 31 die Rede. Wenn auch die eben erwähnte Wasserdampf-Röstung unzweifelhaft ein wirksameres und bequemeres Entschwefelungsmittel ist, als eine Anwendung von Wasserdämpfen im Hohofen selbst, so dürfte letztere doch bei allen Hohöfen, welche mit einem mehr oder weniger schwefelhaltigen Brennmaterial betrieben werden, in Erwägung zu ziehen seyn. Denn auch in dem Falle, daß man diese Hohöfen mit einem dampfgerösteten Erze beschickt, würde durch den Einfluß jener Brennmaterialien im Hohofen immer wieder ein schwefelhaltiges Roheisen erzeugt werden. Doch käme hierbei noch in Frage, ob es nicht — wenigstens bis zu einem gewissen Grade — ausführbar sey, die zum Hohofenbetriebe angewendeten Kohks durch Wasserdämpfe zu entschwefeln? Es ist eine alte Erfahrung, daß sich bei dem Begießen mit Wasser der aus den Kohksöfen gezogenen glühenden Kohks Schwefelwasserstoff entwickelt. Eine Anwendung von Wasserdämpfen im Kohksofen selbst würde viel wirksamer sein; nur dürfte sie natürlich bloß während einer kurzen Periode (vor dem Ausziehen der Kohks) angewendet werden, da eine zu lange fortgesetzte Einwirkung der Wasserdämpfe auf die glühenden Kohks eine beträchtliche Gewichtsabnahme der letzteren zur Folge haben müßte.

Reinigung des Roheisens.

Reinigung des Roheisens durch verschiedene in Vorschlag gebrachte Mittel. Die guten Erfolge, welche man auf mehreren Hüttenwerken durch Anwendung des bekannten Schafhäutl'schen Mittels zur Reinigung des Eisens beim Frischprocesse ($1^3/_4$ Gwthl. Braunstein, $3^3/_4$ Gwthl. Kochsalz und $^2/_3$ Gwthl. Töpferthon) erhalten hatte, veranlaßten einen Französischen Chemiker *), dieses Mittel in modificirter Gestalt auch zum Umschmelzen von unreinem — namentlich schwefelhaltigem — Roheisen im Kupolofen vorzuschlagen und versuchsweise in Anwendung zu bringen. Derselbe empfiehlt zu diesem Zwecke ein Gemenge von $^1/_2$ Gwthl. Braunstein und $2^1/_2$ Gwthl. Salmiak; indem er zugleich darauf aufmerksam macht, daß der allerdings verhältnißmäßig hohe Preis des Salmiaks dadurch vielleicht bedeutend ermäßigt werden könnte, wenn man die Kohksgewinnung aus den Steinkohlen mit

*) Bulletin du Musée de l'industrie, 1844, 3 livr., p. 19. Hieraus in Bergwerksfreund Bd. 9, S. 165, sowie in Berg- u. hüttenm. Ztg. Bd. 4, S. 830.

einer Salmiakgewinnung vereinigen wollte. Jenes Gemenge wurde in kleinen Portionen durch die Formen in den Kupolofen gebracht. Das hierbei erhaltene Roheisen soll, obgleich das zum Umschmelzen angewendete Eisen sehr schwefelhaltig war, nur eine kaum bestimmbare Menge Schwefel enthalten haben; doch fiel es weiß aus. Wenn dieses Mittel sich für Kupolöfen als praktisch herausstellen sollte — was einstweilen jedoch noch keineswegs erwiesen ist — so würde seine Anwendung wohl auch bei Hohöfen zu empfehlen seyn. — Poole*) macht den sehr allgemein hingestellten Vorschlag, zur Reinigung des Gußeisens ein Gemenge von Eisenoxyd, Chromeisenstein (?), Braunstein, salpetersauren und chlorsauren Salzen anzuwenden, welches Gemenge entweder durch die Formen in den Hohofen gebracht, oder mit dem geschmolzenen Roheisen zusammengerührt werden soll. — Calvert**) räth zu gleichem Zwecke die Anwendung von bloßem Chlornatrium an. Drei im Großen hiermit angestellte Versuche (in zwei Schottischen und einem Walliser Hohofen) haben gute Resultate ergeben. Die mittlere relative Festigkeit von gußeisernen Stäben — von 1 Quadr.-Z. Engl. Querschnitt und 5 F. Engl. Länge, auf zwei Lagern von 4 F. 6 Z. Engl. Entfernung ruhend —, von denen mehrere aus gewöhnlichem schwefelhaltigen, andere aus dem nach der gedachten Methode gereinigten Roheisen dargestellt waren, verhielt sich wie 475 Pfd. : 550 Pfd. = 1 : 1,158. Das Roheisen der ersten Art enthielt 0,6 Proc., das gereinigte nur 0,1 Proc. Schwefel. Calvert glaubt auch, auf eine nicht näher angegebene Art, mittelst des Kochsalzes schwefelfreie Kohks darstellen zu können. — Die reinigende Eigenschaft der hier angeführten Mittel beruht größtentheils auf der chemischen Wirkung, welche Chlor und Chlornatrium auf geschmolzenes schwefelhaltiges Roheisen ausüben. Durch die Einwirkung von Chlor scheint sich sowohl Eisenchlorid als Chlorschwefel zu bilden, während Chlornatrium sich mit Schwefeleisen zu Eisenchlorid und Schwefelnatrium zerlegt, welches letztere von der Schlacke aufgenommen wird. — Noch ist hier eines in Vorschlag gebrachten Roheisen-Reinigungsmittels, wenigstens der Eigenthümlichkeit desselben wegen, zu gedenken. Arthur Wall***) glaubte nämlich, einen galvanischen Strom, welchen er auf flüssiges Roheisen einwirken ließ, zur Abscheidung von verunreinigenden Stoffen aus letzterem benutzen zu können. Von geglückten Versuchen dieser Art ist jedoch bis jetzt nichts bekannt geworden.

---

*) Rep. of patent. invent., 1848, Februar, S. 102 – 107. Hieraus in Polyt. Centralblatt, 1848, Nro. 10, sowie in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 7, S. 492.

**) Compt. rend., 1852, September, Nro. 13. Hieraus in Dingler's polyt. Journal Bd. 126, S. 112, sowie in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 12, S. 149.

***) Bergwerksfreund, Bd. 10, S. 195.

Verstärkung des Gußeisens.

Verstärkung des Gußeisens*). Das patentirte Verfahren von **Morries Stirling** zur Darstellung eines ungewöhnlich festen Gußeisens besteht einfach darin, Gußeisen und Stabeisen mit einander zu legiren, wodurch ein Eisen erhalten wird, dessen Eigenschaften zwischen den der genannten Eisensorten stehen. Zu dem Ende werden dünne Stabeisenstücke (wie Nägel, Drahtabfälle, Drahtspäne u. s. w.) in die Formen gebracht, in welche man das Roheisen aus dem Hohofen absticht. Die auf solche Weise dargestellten Roheisengänze werden in England unter dem Namen „**Stirlings patent toughened pigs**" verkauft und sollen, wenn sie im Kupolofen umgeschmolzen werden, ein Gußeisen ganz vorzüglicher Art geben. Die absolute Festigkeit dieses Eisens variirt natürlich mit dem Gewichtsverhältniß des zugesetzten Schmiedeeisens, soll aber die besten Sorten Schottischen Roheisens durchschnitttich um 70 — 90 Proc., in einigen Fällen sogar um 120 — 125 Proc. übertreffen. Die Gewichtsmengen des zugesetzten Stabeisens betrugen 15 — 40 Proc. Schlechtes Roheisen erforderte natürlich einen größeren Zusatz, um auf eine gewisse Festigkeit gebracht zu werden, als besseres. In Gegenden, wo Schmiedeeisen-Abfälle billig genug zu haben sind, dürfte dieses Verfahren gewiß Beachtung verdienen.

Verschmelzung titanhaltiger Eisensteine.

Verschmelzung titanhaltiger Eisensteine. Ein Zusatz von mehreren Procenten Titaneisenstein zu einer gewöhnlichen Hohofen-Beschickung bringt bekanntlich schon einen sehr schweren Schmelzgang hervor. Auf einem Norwegischen Eisenhüttenwerke versuchte man die Strengflüssigkeit einer solchen titanhaltigen Beschickung dadurch zu vermindern, daß man einen beträchtlichen Kalkzuschlag gab. Man hoffte hierbei, das Titan als titansauren Kalk in die Schlacke zu bringen. Jedoch glückte dies nicht; wohl aber, als man zugleich für das Vorhandensein einer gewissen Menge Kieselerde sorgte, so daß ein gewisses Verhältniß von titansaurem Kalk zu kieselsaurem Kalk gebildet wurde. Durch ein solches Verfahren soll man sogar dazu gelangt seyn, reinen Titaneisenstein auf Roheisen zu verschmelzen. — Die Ursache der Strengflüssigkeit einer titanhaltigen Beschickung rührt zum Theil vielleicht daher, daß das Titan im unteren Schachtraume das zur Kohlung des Eisens so wirksame Cyan (S. 9 u. 18) absorbirt, und damit die bekannte Cyan-Stickstoff-Verbindung (S. 8) bildet. Solchenfalls würden **kalihaltige Zuschläge** von Nutzen seyn. Ueberhaupt wäre es durch Versuche zu ermitteln, ob gewisse kalihaltige (oder natronhaltige) Zuschläge — wegen der entsprechenden Cyankalium- (oder Cyannatrium-) Bildung, welche dieselben im Hohofen veranlassen (S. 7) — nicht überhaupt beim Hohofen-Processe mit erheblichem Vortheile angewendet werden können.

---

*) v. **Weber**, Morries Stirlings verstärktes Gußeisen, im Polyt. Centralbl. 1850, Nro. 22. Hieraus in Berg- und hüttenm. Ztg. Bd. 10, S. 129.

Verschmelzung ungerösteter Thoneisensteine anstatt gerösteter*). Auf der Königshütte in Oberschlesien erhielt man beim Verschmelzen gerösteter Thoneisensteine ein weniger gutes Eisen, als beim Verschmelzen ungerösteter. Die Analyse der beiden Roheisensorten ergab, daß der Phosphorgehalt in denselben vollkommen gleich, der Siliciumgehalt in der letzteren Sorte (1,73) dagegen etwas höher als in der ersten (1,24) war. Hierin dürfte jedoch kaum die Hauptursache der verschiedenen Qualität zu suchen seyn, sondern wahrscheinlich in dem — nicht näher bestimmten — Schwefelgehalte. Die Röstung der Eisensteine auf Königshütte geschieht in Schachtöfen, und man bedient sich dabei als Brennmaterial eines Gemenges von Kohks (Cynders) und Steinkohlen (S. 73). Da die Steinkohlen nicht unerheblich schwefelhaltig sind, so werden die Erze während der Röstung der Einwirkung schwefelhaltiger Gase ausgesetzt, was relativ um so nachtheiliger wirken muß, wenn die Thoneisensteine frei von Schwefelkies sind, und solchenfalls durch die Röstung keine Verminderung eines derartigen Schwefelgehaltes erleiden können. Verschmelzung ungerösteter Thoneisensteine.

6) Rückblick auf die Theorie und praktische Ausführung des Roheisen-Schmelzprocesses.

Der Roheisen-Schmelzproceß ist der wichtigste aller metallurgischen Processe. Er liefert uns dasjenige Metall, welches — als Roheisen, Stabeisen und Stahl — den größten Werth für die menschliche Gesellschaft besitzt und gewissermaßen als der Schlüssel zur gesammten neueren Cultur und Civilisation betrachtet werden kann. Die Gewinnung dieses nützlichsten der Metalle ist nicht, wie die der übrigen, auf wenige zerstreute Punkte der Erdoberfläche beschränkt, sondern über alle Welttheile und Länder verbreitet. Die Eisenhütten-Industrie bildet einen wesentlichen Zweig des Staats-Haushaltes; einen Zweig, welcher mit so manchen anderen staatsökonomischen Interessen auf das Innigste verwachsen ist. Sie greift in zahlreiche Gewerbe ein und liefert uns in den Eisenbahnen die Hauptadern für die Circulation industrieller Thätigkeit. Die Eisenbahnen sind es, welche die verschiedenen industriellen Pole mit einander verbinden und dadurch einen lebendigen und belebenden Strom in und zwischen den Ländern erregen, welcher alle durch politische und geographische Verhältnisse getrennte Theile unseres Continents zu einem industriellen Gesammt-Organismus zu verbinden verspricht. Diese durch die Eisen-Industrie entwickelte merkantile Cirkulation macht sich jene selbst wieder zu Nutzen, indem ihr die Eisenbahnen das Brennmaterial der Kohlen-Distrikte und die Eisenerze entlegener Fundstätten zufördern. Wichtigkeit des Roheisen-Schmelzproceß.

*) Eck in Karst. Archiv. Bd. 24, S. 383. Berg- und hüttenmänn. Ztg. Bd. 11, S. 290

Während aber einerseits die Natur, durch eine freigebige Vertheilung der Eisenerze, die massenhafte Gewinnung dieses Metalles an zahlreichen Orten möglich machte, hat sie andererseits die zweckmäßigste Benutzung desselben an viele erschwerende Bedingungen geknüpft. Nicht genug, daß wir durch ein geschicktes Dirigiren der Processe verschiedene Arten von Roheisen, Stabeisen und Stahl erzeugen müssen; auch auf die, oft schon durch die geringsten chemischen Beimischungen influirte Güte dieser Eisensorten kommt außerordentlich viel an. Um selbst unter weniger günstigen Umständen eine, für bestimmte Zwecke geeignetste Qualität bei möglichst geringem Kostenaufwande zu erreichen, genügt kein empirisches Verfahren, sondern es wird dazu oftmals die größte Anstrengung intelligenter Thätigkeit erfordert. Der Schatz, den uns die Natur im Eisen gab, kann in seinem ganzen Umfange nur vom einsichtsvollen Fleiße ausgebeutet werden. Die mannigfaltigen Schwierigkeiten, welche mit der Erzeugung guter Eisensorten verknüpft sind, treten dem Eisenhüttenmanne nur zu oft hindernd in den Weg; allein sie lassen sich in den meisten Fällen durch ein rationelles Verfahren überwinden. Und eben dieser Kampf mit zahlreichen Hindernissen hat den Eisenhütten-Proceß allmälig zu einer Stufe der Ausbildung erhoben, welche ihn als eine Richtschnur für alle übrigen metallurgischen Schmelzprocesse hinstellt.

Schwierigkeit des Roheisen-Schmelzproceß.

Die Wichtigkeit der Roheisen-Fabrikation rechtfertigt es, daß wir in den vorhergehenden Abschnitten diesen Proceß bis in so manche seiner technischen Details verfolgt und mit einer Ausführlichkeit behandelt haben, wie dies außerdem der Tendenz des vorliegenden Werkes nicht angemessen seyn würde. Indem wir versuchten, den ganzen Hergang der Roheisengewinnung auf chemische und physikalische Principien zu begründen und die empirischen Regeln des Eisenhüttenmannes theoretisch zu beleuchten und zu motiviren, haben wir eine wissenschaftliche Einsicht in das Wesen jenes Processes gewonnen, wie solche zu seiner rationellen Leitung unentbehrlich ist.

Verhältniß der Theorie zur Praxis.

Zwar kann man diesem Eindringen der Theorie in das vielfach verzweigte Geäder der Praxis den Vorwurf machen, daß nicht jede theoretische Anschauung eine richtige sey, und daß der Praktiker durch wissenschaftliche Hypothesen leicht auf falsche Wege geführt werden könne; aber dies ist kein Vorwurf, welcher die Theorie als solche, sondern die menschliche Fehlbarkeit überhaupt trifft. Wenn auch die wissenschaftliche Beleuchtung mitunter eine einseitige zu nennen ist, die nicht immer zur richtigen Auffassung des beleuchteten Gegenstandes führt, so erscheint doch letzterer ohne jenes Licht meist ganz dunkel. Die Theorie maßt sich keinesweges eine Unfehlbarkeit an, der in allen Fällen ein unbedingter Glaube geschenkt werden müsse. Sie will nichts als der leitende Gedanke seyn, welcher den Praktiker in seinen Bemühungen, zum Verständniß und zu neuen Feldern seiner eigenen Thätigkeit zu gelangen, unterstützt. Theorie und Praxis verhalten sich zu einander wie Auge und Hand. Beide

können sich gegenseitig nützen und von einander lernen. Der Hand allein gebührt der Preis des Schaffens; jedoch nur unter dem prüfenden Blicke des wachsamen Auges vermag sie die größte Vollkommenheit ihres Werkes zu erreichen.

Die Hauptaufgabe des Roheisen-Schmelzprocesses besteht in der Erzeugung eines möglichst guten und billigen Roheisens. Die Schwierigkeit dieser auf den ersten Blick so einfach erscheinenden Forderung rührt von der großen Anzahl bedingender Momente her, welche bei der Roheisenerzeugung theils auf die Qualität des Schmelzproduktes, theils auf die Oekonomie des Processes von Einfluß sind. In den vorhergehenden Abschnitten haben wir jene bedingenden Ursachen kennen gelernt, soweit sie nicht — wie die Gewinnungskosten der Erze, die Brennmaterial-Preise, Arbeitslöhne u. s. w. — von gänzlich lokalen und sich der wissenschaftlichen Betrachtung entziehenden Verhältnissen abhingen. Indem wir die wichtigeren derselben hier geordnet vor uns aufstellen, erhalten wir eine Uebersicht aller Punkte, auf welche der praktische Eisenhüttenmann bei der Roheisengewinnung vorzugsweise zu achten hat. Hauptaufgabe des Roheisen-Schmelzprocess.

I. Erze.

Uebersicht der bedingenden Momente bei d. Roheisen-Gewinnung.

I. Erze.

A. Beschaffenheit der rohen Erze.
   1) Art der Erze — (Bd. I., S. 585—588. Bd. II., S. 51—52; S. 54).
   2) Procentaler Eisengehalt — (S. 98—99; S. 100).
   3) Beigemengte Mineralien und Gesteinsarten, sowie Art dieser Beimengung (gröblich oder innig gemengt) — (S. 16; S. 65—66; S. 69; S. 98—99, Anmerkung; S. 51; S. 64).

B. Röstung der Erze.
   1) Erz-Sortirung vor dem Rösten — (S. 68; S. 69).
   2) Art der Röstung — (S. 69—79).
      a) in Haufen oder Oefen — (S. 78—79).
      b) mit oder ohne Wasserdampf — (S. 77—79).
   3) Beschaffenheit des zum Rösten angewendeten Brennmaterials — (S. 180; S. 184; S. 187).

C. Beschaffenheit der Erze in dem Zustande, wie sie zur Verschmelzung gelangen.
   1) Durch Verwittern, Auslaugen u. s. w. vorbereitet oder nicht — (S. 66—67).
   2) Geröstet oder nicht geröstet — (S. 39; S. 42; S. 67—69).
   3) Procentaler Eisengehalt — (S. 98—99; S. 100).
   4) Gehalt an Wasser und Kohlensäure — (S. 39; S. 42).

5) Chemische Zusammensetzung der Erze, namentlich in Bezug auf ihren Gehalt an:
   a) Kieselerde — S. 23—25; S. 99, Anmerkung).
   b) Thonerde, Kalkerde, Talkerde — (S. 34—35).
   c) Mangan — (S. 33).
   d) Alkali — (S. 7—9; S. 130, Anmerkung).
   e) Schwefel — (S. 28—31; S. 49; S. 56).
   f) Phosphor — (S. 25—28; S. 49; S. 50; S. 56).
   g) Arsenik — (S. 33—34).
   h) Titan — (S. 35—36; S. 186).
6) Größe der Erzstücke — (S. 16; S. 39; S. 79; S. 100).
7) Festigkeit (Zerdrückbarkeit) der Erzstücke — (S. 39; S. 56; S. 91).
8) Grad der Reducirbarkeit, Kohlungsfähigkeit (Porosität) und Schmelzbarkeit — (Bd. I., S. 588. Bd. II., S. 5; S. 48; S. 50; S. 68; S. 90—91; S. 98—99, Anmerkung; S. 100).

II. Zuschläge.

II. Zuschläge. A. Beschaffenheit der Zuschläge.

1) Gehalt an Wasser und Kohlensäure — (S. 39; S. 42).
2) Chemische Zusammensetzung der Zuschläge, namentlich in Bezug auf ihren Gehalt an:
   a) Kieselerde — (S. 23—25).
   b) Thonerde, Kalkerde, Talkerde — (S. 34—35).
   c) Mangan — (S. 33).
   d) Alkali — (S. 7—9; S. 130, Anmerkung; S. 186).
   e) Schwefel — (S. 28—31).
   f) Phosphor — (S. 25—28).
   g) Arsenik — (S. 33—34).
3) Gebrannter oder ungebrannter Kalk — (S. 182).

B. Relative Menge der Zuschläge — (S. 99).

III. Brennmaterial
(für den Hohofenbetrieb).

III. Brennmaterial. A. Beschaffenheit des Brennmaterials.

1) Art des Brennmaterials — (S. 38; S. 40; S. 42; S. 43; S. 52; S. 57; S. 61; S. 97—98; S. 100).
2) Grad der Verkohlung oder Verkohkung — (S. 98; S. 181).
3) Wassergehalt — (S. 39; S. 42; S. 98).
4) Gehalt an:
   a) Alkali — (S. 7—9; S. 52; S. 130, Anmerkung).
   b) Schwefel — (S. 28—31; S. 122).
   c) Phosphor — (S. 25—28).

5) Aschenmenge — (S. 61—62; S. 98; S. 121—122).
6) Wärme-Effekt — (S. 38; S. 98).
7) Größe der Brennmaterialstücke — (S. 38 S. 42).
8) Festigkeit (Zerdrückbarkeit) der Brennmaterialstücke — (S. 38; S. 39—40; S. 42; S. 56).
9) Grad der Porosität — (S. 122; S. 129).

B. Relative Menge des Brennmaterials — (S. 38; S. 42; S. 46; S. 55—56; S. 90—91; S. 98—100)

IV. Gebläseluft.

A. Beschaffenheit der Gebläseluft. IV. Gebläseluft.
1) Gehalt an Wasserdampf — (Bd. I., S. 524; Bd. II., S. 31—33; S. 42; S. 99).
2) Gehalt an Kohlensäure und anderen schädlichen Beimengungen — (S. 38; S. 42)*).
3) Grad der Pressung — (S. 38; S. 42; S. 46; S. 99; S. 138 — 140; S. 169).
4) Temperatur — (S. 38; S. 42; S. 46; S. 99; S. 140—144; S. 147; S. 169).

B. Relative Menge der Gebläseluft — (S. 38—39; S. 42; S. 46—47; S. 99; S. 138—140; S. 169).

C. Düse und Form.
1) Anzahl der Düsen — (S. 169—170).
2) Verhältniß der Düsenöffnung zur Formöffnung bei offener Form — (S. 38—39; S. 147).
3) Lage der Form — (Bd. I., S. 449).
4) Geschlossene oder nicht geschlossene Form — (S. 39; S. 147; S. 170—171).

V. Hohofen.

A. Schachtconstruktion — (S. 40—41; S. 48; S. 80—82; S. 99; S. 130—131; S. 183). V. Hohofen.
1) Höhe
a) des Schachtes — (S. 40—41; S. 88—89),
b) des Gestells — (S. 90—93),

*) Auf die Anwendung einer möglichst reinen (sauerstoffreichen) Gebläseluft wird nicht immer die nöthige Sorgfalt verwendet. Es ist hierbei besonders die Beschaffenheit der vom Gebläse eingesogenen Luft zu berücksichtigen, welche mitunter von Orten entnommen wird, wo sie einer Verunreinigung durch Wasserdampf, Kohlensäure u. s. w. ausgesetzt ist. Bei Anwendung erhitzten Windes kann es auch der Fall seyn, daß die glühenden eisernen Röhren des Lufterhitzungs-Apparates — wenigstens so lange sie neu sind — nicht ganz unerheblich sauerstoffabsorbirend wirken.

c) der Rast (Rastwinkel) — (S. 82—86).
d) des Kohlensackes über dem Bodenstein — (S. 89—90).
2) Weite
a) der Gicht — (S. 80—82; S. 90).
b) des Kohlensackes — (S. 89),
c) des Gestelles, oben und unten (S. 90—93).
3) Gestalt des Schachtes oberhalb des Kohlensackes — (S. 80—82).
4) Rast-Capacität — (S. 93—95).
5) Relative Höhe des Wallsteins — (S. 97).

B. Beschaffenheit des Ofengemäuers.
1) Trockne oder feuchte, sowie dichte oder undichte Ofenmauern — (S. 41).
2) Feuerfestigkeit der Gestell- und Raststeine — (S. 85).

C. Gewisse Verhältnisse der Schlacke.
1) Schmelzbarkeit des gesammten Schlackenmaterials — (S. 10—11).
2) Chemische Zusammensetzung der Schlacke — (S. 12; S. 64).
3) Relative Menge der Schlacke — (S. 12).

D. Gewisse Betriebsverhältnisse.
1) Größe der Erz- und Brennmaterial-Gichten — (S. 151—153).
2) Ableitung oder Nichtableitung von Ofengasen — (S. 41—42; (S. 112; S. 171—180).
3) Benutzung oder Nichtbenutzung der Gichtflamme — (S. 181).
4) Art des producirten Roheisens — (S. 50—61; S. 100).

Der Einfluß aller dieser Umstände auf den Hohofenproceß — auf die Qualität oder die Produktionskosten des erzeugten Roheisens, oder auf beides zugleich — ist an den citirten Stellen angeführt und nachgewiesen worden. Das ökonomische Resultat des Roheisen-Schmelzprocesses ist also eine Funktion höchst zahlreicher, verschiedenartiger und veränderlicher Elemente. Daß es unter den vielen Tausend Hohöfen verschiedener Länder nicht zwei giebt, welche unter einer gleichen Combination dieser Elemente betrieben werden, ist mehr als wahrscheinlich Auf jedem Eisenhüttenwerke, ja in jedem Hohofen ein und desselben Hüttenwerkes finden verschiedene oder doch nicht ganz mit einander übereinstimmende Betriebs-Verhältnisse statt. Sogar in einem und demselben Hohofen sind sie — schon durch die Witterungs-Verhältnisse — täglichen kleinen Schwankungen unterworfen. Daher die unendliche Mannigfaltigkeit der Eisensorten und die außerordentlich verschiedenen Kosten ihrer Produktion.

Lösung d. Aufgabe des Eisenhüttenmannes beid. Roheisengewinnung.

Die strenge Abhängigkeit des ökonomischen Resultates von einer so großen Anzahl veränderlicher Größen macht einen guten Eisenhohofen-Betrieb einerseits zwar zu einer sehr schwierigen, andererseits aber zu einer ebenso interessanten als lohnenden Aufgabe; zu einer Aufgabe, deren vollkommene Lösung sich allerdings meist erst nach einer langen Reihe von Jahren errei-

chen, aber sich fast täglich näher bringen läßt. Kein Eisenhüttenwerk, und sey es das am rationellsten betriebene, befindet sich — auch wenn wir von einer Vervollkommnung durch künftige Erfindungen absehen — bereits auf der Maximum-Höhe eines guten Betriebes. Ueberall sind noch Verbesserungen und vortheilhaftere Combinationen möglich, und überall bedarf es eines gewissen Kampfes gegen Einflüsse, welche das schon erreichte günstige Resultat wieder zu beeinträchtigen drohen. Der Betriebs-Officiant, dem das wichtige Geschäft der Leitung eines Hohofens anvertraut ist, darf sich daher, gleich einem klugen Feldherrn, niemals einer trägen Siegesruhe überlassen, sondern muß stets die Verfolgung seines Zieles und die Behauptung des Gewonnenen im Auge behalten. Bei hinreichender Umsicht und Kenntniß und bei hinreichenden Geldmitteln — beim Hohofenbetriebe wie im Kriege eine Hauptsache! — besitzt er Macht genug, die Umstände zu beherrschen. Indem die ganze Anordnung des Schmelzprocesses — von der Gewinnung des Erzes in der Grube bis zum Abstechen des geschmolzenen Roheisens aus dem Heerde — in seine Hand gelegt ist, commandirt er über eine Menge von Verhältnissen, von deren richtiger Würdigung und Gestaltung zuweilen fast ebenso viel abhängt, als von der Art, dem Procentgehalt und den Gewinnungs- (sowie Transport-) Kosten der Erze, der Beschaffenheit und dem Preise der Brennmaterialien nebst anderen Umständen, welche freilich nur zu oft als mehr oder weniger unveränderliche und unbequeme Größen in die complicirte Formel des Hohofenbetriebes eingeführt werden müssen. Abgesehen von solchen bösen Constanten, deren ungünstiger Einfluß nur etwa durch zweckmäßige staatsökonomische Maßregeln gehoben oder vermindert werden kann, bleibt jedenfalls stets ein relativ günstigstes Resultat erreichbar.

Obgleich der Hohofenproceß durchaus auf chemischen und physikalischen Principien beruht und zum Theil sogar Gesetzen von mathematischer Schärfe unterworfen ist, läßt sich die vortheilhafteste Führung desselben, wie schon angedeutet, niemals durch rein theoretische Speculation erreichen, sondern nur durch Versuche, welche von Theorie und Erfahrung gemeinschaftlich motivirt und mit Sachkenntniß beurtheilt werden. Gar manche dieser Versuche, wie z. B. die Ermittelung der vortheilhaftesten Ofen-Construktion, der vortheilhaftesten Menge, Pressung und Temperatur der Gebläseluft u. s. w., sind nicht allein äußerst zeitraubend, sondern auch schwierig zu leiten und zu beurtheilen. Vor allen Dingen wird dabei vorausgesetzt, daß sich während ihrer Ausführung keine anderen wesentlichen Betriebs-Momente geändert und dadurch auf das Resultat influirt haben. So hat man die Wirkung des erhitzten Windes gar oft unrichtig beurtheilt, indem man auf die dabei veränderte Menge und Pressung der Gebläseluft keine Rücksicht nahm (S. 140).

Bei jeder durch Betriebs-Versuche herbeigeführten Veränderung in dem Gange eines Hohofens muß man nicht allein auf die dadurch bewirkten

direkten, sondern auch auf jene indirekten chemischen und physischen Einflüsse Rücksicht nehmen, welche in einer möglicherweise hervorgerufenen Veränderung der Größe und Temperatur der verschiedenen Ofenzonen ihren Grund haben können. Hierin liegt der Schlüssel zu so manchen Erscheinungen beim Hohofenprocesse, welche den Praktiker wie den Theoretiker nicht selten irre geleitet haben. Deswegen wurde die Theorie von den Ursachen und Wirkungen der veränderlichen Zonenvolume und der innerhalb derselben herrschenden Temperaturen (S. 37—50) mit möglichster Schärfe entwickelt, und an zahlreichen Stellen des vorliegenden Werkes darauf hingewiesen.

Wesentlicher Einfluß der Theorie von der Ofenzonen.

Wichtigkeit chemischer Untersuchungen bei der Roheisengewinn.

Da die chemische Zusammensetzung gewisser Materialien — der Erze, Zuschläge, Brennstoffe, der Schlacke und des Roheisens selbst — eine so überaus wichtige Rolle in der Oekonomie des Eisenhüttenprocesses spielt, so sind genauere Analysen der genannten Substanzen eine unerläßliche Bedingung einer rationellen Betriebsleitung. Auf keinem Eisenhüttenwerke sollte man daher die verhältnißmäßig so geringen Kosten der Anlage und Wartung eines chemischen Laboratoriums scheuen, in welchem solche Analysen von Sachverständigen mit hinreichender Genauigkeit ausgeführt werden können. Besonders sind es Untersuchungen auf einen Schwefel- und Phosphorgehalt der Beschickung, der Schlacke und des Roheisens, sowie auf den Silicium- und Kohlengehalt des letzteren, welche von Zeit zu Zeit angestellt werden müssen. Doch giebt es noch sehr viele andere Veranlassungen beim Hohofenbetriebe, bei denen der Chemiker befragt und die Antwort aus dem Laboratorium geholt werden muß. —

Nutzen der Beschreibung von Eisenhüttenwerken und wesentlichste Punkte derselb.

Die obige Zusammenstellung der wichtigsten Elemente, welche in chemischer und physikalischer, sowie in ökonomischer Hinsicht auf die Erzeugung des Roheisens von Einfluß sind, gewährt zugleich einen Ueberblick der wesentlichen Punkte, auf welche man bei der Beschreibung von Eisenhüttenwerken — soweit es sich dabei um die Roheisengewinnung handelt — Rücksicht zu nehmen hat. Erst wenn wir eine große Anzahl derartig detaillirter und genauer Beschreibungen verschiedener Eisenhütten besitzen, wird es möglich seyn, gewisse allgemeingültige theoretische Schlüsse daraus zu ziehen. Die Theorie wird dann vielleicht so manche ihrer Anschauungen modificiren, jedenfalls aber den Praktiker zur richtigen Auffassung des Beobachteten leiten und ihm die Wege zeigen, auf denen er seine Erfahrungen am besten benutzen und weiter verfolgen kann. Und so sey denn die gesammte Darstellung der Roheisengewinnung in unserem vorliegenden Werke mit der Bemerkung geschlossen: daß der Nutzen einer jeden Theorie nicht bloß in ihrem wahrheiterforschenden, sondern auch in ihrem anregenden Charakter begründet ist.

Interimistisches Inhalts-Verzeichniß

zu Bd. II, Lief. 1 und 2.

Eisen.

(Fortsetzung.)

Seite

III. Von der metallurgischen Gewinnung des Roheisens.

Berichtigungen.

S. 8 Z. 16 v. o. lies: gewonnen anstatt: genommen.
S. 22 Z. 15 v. u. lies: Fig. 121 anstatt: Fig. 123.
S. 24 Z. 10 v. o. soll kein Absatz durch eine neue Zeile sein.
S. 47 Z. 15 v. o. lies: 1800° anstatt: 1900°.
S. 122 Z. 8 v. o. lies: Verkohkung anstatt: Verkohlung.

